Vol.2017-HCI-175 No.1
Vol.2017-UBI-56 No.1
2017/11/1

Simple Shoga：電子黒板からの直接的な操作を可能とした実物投影機インタフェース

前田智郎[†1]　加藤直樹[†2]

概要：今日の学校現場において ICT 機器を活用した学習環境の整備が急速に進んでいる．しかし，実物投影機の操作では，大型提示装置に写された教科書やプリントを見ながら手元でそれらを動かす操作が難しいことや，操作している教師の場所と表示されている場所が離れていることで児童生徒の視線が分散する，教師と児童生徒の視線が一致しない問題がある．本研究ではこの問題を解消するために，電子黒板上でのタッチ入力によって直接的に実物投影機の操作を可能とする Simple Shoga を開発した．本稿では，Simple Shoga の提案と開発，及び実証中の様子について報告する．

キーワード：教育の情報化，ICT 活用，実物投影機，電子黒板

Simple Shoga：A development of user interfaces that can be manipulated a document camera directly from an electronic whiteboard

TOMOO MAEDA[†1]　NAOKI KATO[†2]

Abstract: Learning environments with ICT become popular rapidly in field of education. But there are two problems that the operation of a document camera. First, it is difficult to operate them on hand while looking at textbooks and prints displayed on an electronic whiteboard. Second, because the location of the teacher who is manipulating and an electronic whiteboard are away, the gaze of the students is dispersed, and that of the teacher and the student does not match. In this study, we developed The “Simple Shoga” that can be manipulated a document camera directly from an electronic whiteboard to solve these problems. This paper describes the design, development and evaluation of the Simple Shoga.

Keywords: Informatization of Education, Using ICT in education, Document camera, Electronic whiteboard

1. はじめに

21 世紀に入り情報通信技術の発展やグローバル化など，私たちを取り巻く環境は大きく変化してきた．今を生きる子供達を取り巻く環境はこれからも大きく変化を続けていく．激変する社会で生きる中で子供たちの確かな学力、豊かな心、健やかな体の調和のとれた「生きる力」を育んで行くことが求められている．

このための指導・学習方法として注目されているのが ICT（Information and Communication Technology）の活用である．文部科学省はこれまで，学校 ICT 環境整備事業等を通してデジタルテレビや実物投影機，教育用コンピュータ等の ICT 機器の導入を推進してきた．2020 年度に向けた教育の情報化に関する推進方策である教育の情報化ビジョン[1]によると，「情報通信技術を活用して、一斉指導による学び（一斉学習）に加え子どもたち一人一人の能力や特性に応じた学び(個別学習)、子どもたち同士が教え合い学び合う協働的な学び(協働学習)を推進していく．」とあるように，それぞれの子に応じた学習において，適切に ICT 機器を活用することが重要としている．また，文部科学省は児童生徒に必要な情報を表現したり発信したりするために実物投影機等の ICT 機器が早急に全ての教室で活用できるようになることが必要としており，特に，電子黒板や大型モニタなどの大型提示装置（以下，大型提示装置）や実物投影機等の ICT 環境の加速度的な整備が必要であるとしている[2].

本研究では，この実物投影機に着目する．従来の実物投影機では，教師は教科書やノートを実物投影機がある場所に置き，位置や傾きや倍率を調整して表示していた．しかし，この操作の際に難しい姿勢にならないといけなくなる場合がある．この状態は，児童生徒の反応や表情を確認することができないので好ましくない．加えて，大型提示装置に写された映像を見ながら手元の対象物を動かす操作は非常に難しいという問題がある．また，重要な部分を次々にズームしながら説明する場合や教科書やノートを移動させて拡大表示させたい範囲を変えて説明する場合，教師は投影場所と実物投影機の間を行き来することを面倒や時間

†1 東京学芸大学大学院 教育学研究科
Graduate School of Education,Tokyo Gakugei University
†2 東京学芸大学
Tokyo Gakugei University

©2017 Information Processing Society of Japan

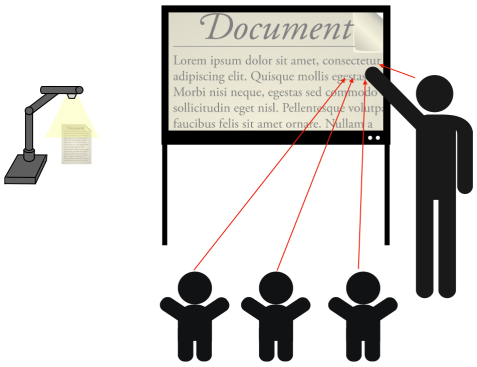

図 1　理想的な視線：教師と児童生徒の視線が集まる

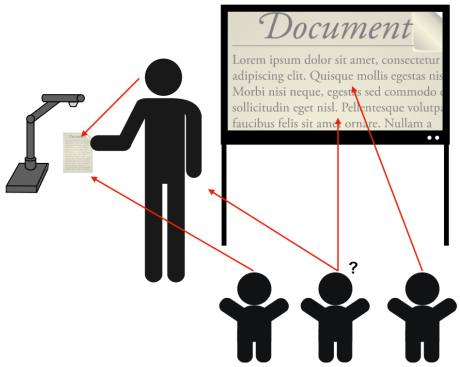

図 2　教師と児童生徒の視線が一致しない

の無駄と感じ，対象物を指やペンで指し示しながら説明することが多い．この状態では，教師の目線が児童生徒の視線と一致したうえで説明するのが望ましい（図 1）が，教師の視線は手元に行ってしまうのに対して，児童生徒の視線は大型提示装置の方や先生の方を向いてしまい，視線の不一致という問題が起こる（図 2）．

そこで本研究では，電子黒板上へのタッチ入力によって，電子黒板上に表示された実物投影機映像の直接的な操作を可能とすることで，これらの授業における実物投影機利用の問題点を解消する実物投影機インタフェース Simple Shoga の提案，設計，開発を行う．また，実証実験を通して Simple Shoga の有用性を検証する．

2. 関連研究

ICT 機器の普及に伴い，実物投影機を含めた ICT 機器の活用に関する様々な研究が行われてきた．

櫻井らは，小学校教員の ICT 活用に対する意識調査を行った[3]．特に，教師の ICT 活用の苦手意識に着目して，「この苦手意識の軽減・緩和を図るとともに，現場の教員誰もが感じとれる使い勝手の良さや活用効果を充足するだけの機能性を備えた ICT 機器の開発が，今後の ICT 活用の促進に繋がるものとして求められると述べた．」とあるように，ICT の活用に苦手意識を持つ教員も多く，ハードウェア，ソフトウェア共に使いやすい設計が求められている．

また，実物投影機の活用に関する研究として，堀田らが小学校教員を対象に行った実物投影機の活用効果に関する調査によれば，説明等の理解の促進，準備の手間の軽減，説明用の時間短縮に対して実物投影機の活用効果を実感していることを明らかにした[4]．また，実物投影機を日々使う教員は，「活用できない場合には数多くの指導困難点が生じる」としており，実物投影機の活用が必要不可欠になっている．野中は，いくつかの調査結果をもとに ICT 整備状況や活用状況を整理し，日常的な ICT 活用が必要であると述べている[5]．その中で，ICT の常設により使用頻度が高まり，使用頻度が高いほど学力が高いことを示している．そして，実物投影機の重要性を訴え，実物投影機を教室に常設することの必要性を明らかにした．

これらの研究は，実物投影機をはじめとした ICT 活用に着目したものであり，この他にも，実物投影機の活用に関する研究は多くされているが，実物投影機をより使いやすくするためのインタフェースに関する研究はない．

3. Simple Shoga の設計

3.1 基本コンセプト

Simple Shoga では，教師が実物投影機にふれることなく，電子黒板へのタッチ入力によって，実物投影機からの映像を直接的に拡大縮小等の操作をできるようにすることを提案する（図 3）．

このような操作インタフェースの実現は，実物投影機から静止画像を取得し，それに対して画像処理を行うことでも可能であるが，画質の劣化が避けられない．そこで Simple Shoga では，実物投影機の光学的なズームを十分に活用し，最良の画質を確保することを試みる．

Simple Shoga では，電子黒板など映像の提示場所で操作できるようにすることで，教師は実物投影機を操作する際に実物投影機本体と大型提示装置の間を行き来する必要がなくなる．また，手元と別の画面を見ながら操作する難しさを解消することで，授業を円滑に進める助けをする．そして，実物投影機で映している対象物を指やペンで指し示しながら説明することによる教師の視線と児童生徒の視線の不一致の問題も解消できる．

3.2 基本機能の設計

実物投影機を電子黒板上で操作するにあたって次の 3 つ

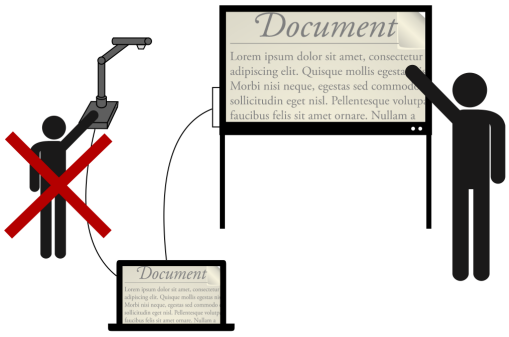

図 3　本アプリケーションの想定環境

©2017 Information Processing Society of Japan

を基本的な機能として提供する．

(1) **傾き補正機能**

電子黒板上の操作で，傾きの補正を可能とする．

従来の実物投影機はどちらの向きに撮っているのか分かりづらく,大型提示装置に表示してみないとわからない．また，表示後に傾きを補正する際に大型提示装置に映っている映像を見ながら手元で対象物を操作するのは難しい．この操作に煩わしさを感じる教師も多い．そのため，ここでの操作を簡単に素早くできることによって，本来の授業に使われる時間を確保することができるだけではなく教師にとって操作上のストレスを少なくすることが期待できる．

(2) **拡大・縮小機能**

電子黒板上の操作で，投影像の拡大・縮小を行う機能を提供する．

従来の実物投影機では，映しているものを拡大・縮小する際に実物投影機本体を直接操作するか，投影機本体を動かして対象物に近づけなければならない．また，傾き補正するときと同様に大型提示装置に映っている映像を見ながら手元を操作しなければならない．ここでは，そのような操作の難しさを解消することをめざす．

(3) **ムーブ機能**

電子黒板上の操作で，投影部分を移動することを可能とする．

拡大・縮小機能を用いて，拡大を行ったときに対象物が画面上に映らなくなってしまう範囲が出てきたり，授業中に教師が説明を行う過程で，表示させたい対象物やその範囲を変えたりすることがある．この場合，教師は実物投影機本体と大型提示装置の間を移動しなければならなくなる．また，大型提示装置に映っている映像を見ながら手元で対象物を操作しなければならない．このような，実物投影機の操作の手間が時間の無駄につながっている．そこで，本機能では電子黒板上の操作で，表示させる対象物の範囲を移動して，表示範囲を決めるための機能を提供する．

3.3 補助機能の設計

Simple Shoga では前節の基本機能とは別に，実物投影機を授業で使うにあたって必要な機能を提供する．なお，電子黒板用ソフトウェアとの連携を想定しているため，多くの電子黒板用ソフトウェアと既存の実物投影機アプリケーションで標準機能である書き込み機能や図形描画機能，キャプチャ機能といった機能は提供しない．

(1) **一時停止・再開機能**

電子黒板上に表示させている実物投影機の映像を一時停止させる機能を提供する（図 4）．

授業場面において、理科の実験用具の説明や算数のコンパスの使い方の説明等で手を離せないが，電子黒板で説明や書き込みを加えたいことがある．このような授業場面のために，映像を一時停止させることを可能とする．

(2) **非表示機能**

電子黒板の画面を隠す機能を提供する（図 5）．

教師が，電子黒板を離れて説明や板書をする際に，児童の視線や注意を集めたいが，電子黒板の電源が付いていることで児童の気が電子黒板上に表示されている映像に向いてしまうことがある．そのため，電子黒板や実物投影機を活用していない場面では何も表示させないことが望ましい．本機能では，教師は電子黒板本体の電源を切る手間や実物投影機のレンズを隠すことなく表示をオフにして何も表示させないようにできる．

(3) **マスク機能**

電子黒板上に表示している投影像の一部を隠す機能を提供する（図 6）．

教科書やワークシートを電子黒板上に表示させる際にしばしば表示させたくない範囲がある．例えば，算数の教科書で問題を表示させたいけれども，その下の考え方やしかたを隠したい場合や，理科の教科書では，学習の問題を表示させる際に，それ以降の予想や観察，結果，考察，結論

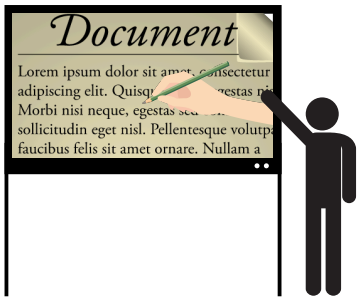

図 4　一時停止・再開機能

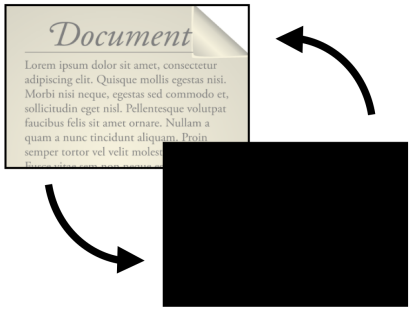

図 5　非表示機能

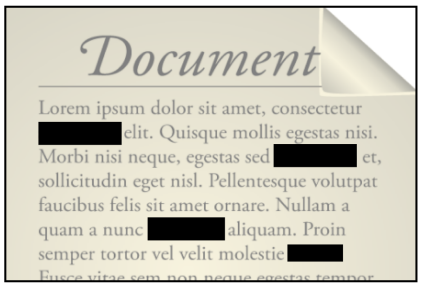

図 6　マスク機能

©2017 Information Processing Society of Japan

といった範囲は隠したい場合である．そこで，指定した一部分を容易に隠せるようにし，このような学習活動を支援する．また，一度隠した範囲を容易に表示できるようにする．

(4) **ハイライト機能**

電子黒板上に表示している投影像の一部を目立たせて表示する機能を提供する（図 7）．

教科書やワークシート等を表示させている際，一部分に児童生徒の視線を集めたいことがある．例えば，教科書に載っている写真や表の情報の中で，ある一カ所に注意を引きたいときである．そこで，指定した一部分以外の表示を薄くできるようにし，このような学習活動を支援する．

(5) **連携機能**

児童生徒が自分の考えを書いたノートやワークシートを電子黒板上に表示して発表を行う活動場面において，表示している資料に対して書き込めるようにすることで，より分かりやすい説明が可能となる．また，書き込みを行なった板面を残しておき，授業の振り返りや複数の児童生徒のノートやワークシートを並べて比較することもできる．先に述べた通り，これらの機能は同時に用いる電子黒板用ソフトウェアの機能を利用することとする．

本システムでは，比留間らが提案した，電子黒板ソフトウェアと他ソフトウェアとの連携方法に合わせることとした．比留間らは連携方法として，画面キャプチャと画像読み込みの２通りの方法を提案した[6]．

キャプチャによる連携は，電子黒板面に表示された全体または一部を切り抜く機能を提供する．しかし，この方法では，電子黒板面の一部を切り抜いて取り込むため，画素数に限りがある．画像読み込みによる連携では，指定された場所に画像ファイルを保存すると，それを電子黒板ソフトウェア側に半自動的に取り込む機能を提供する．キャプチャと比べると実物投影機で表示しているノートやワークシートを画素数を落とすことなく電子黒板ソフトウェアに送ることが可能となる．そこで，Simple Shoga では後者の連携方法を用いた連携機能を提供する．

連携用の画像保存のボタンをタップすると，その時に表示している画像が電子黒板ソフトウェア側で表示され，それに対して書き込みや保存に加えて、複数枚をまとめて表示することが可能となる．

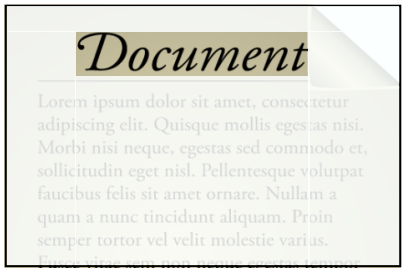

図 7　ハイライト機能

3.4 操作方法の設計

Simple Shoga では電子黒板に対するマルチタッチ入力によって，実物投影機からの表示映像を操作できるようにする．

(1) **傾き補正操作**

傾き補正は水平にしたい線を通る 2 点を指定して行う．2 点を指定するのには次の２通りが考えられる．

- ２点をタップして指定する
- 1 点をタッチしてそのまま指を移動させ離した部分を２点目として指定する

本研究では，前者の傾き補正の方法を採用する．後者は，あとで述べるムーブ操作と同じになるため採用しなかった．

後の傾き補正の実装で説明するが，傾きの補正は投影像を回転させることで行う．その時に，回転の中心を定める必要があるが，それを指定するという作業は手間が増え教師の負担になる．そこで，操作をより簡単にし，手間を省くために回転の中心は常に投影像の中心とする．また，傾き補正が指定されている段階で，再度傾き補正が指示された場合はこれまでの回転させた補正角度に足し合わせたものを補正角度とする．

(2) **拡大・縮小操作**

拡大･縮小には，ピンチイン，ピンチアウトを採用する．ピンチイン・ピンチアウトは，普及が進んでいるスマートフォンやスレート PC 等で採用されており，一般的なものとなっている．そのため，Simple Shoga でも拡大・縮小の操作にピンチイン・ピンチアウト操作を採用した．加えて，ピンチ操作とは別に，ドラッグ操作による始点と終点を通る矩形を指定することで，投影像の一部分の範囲を拡大させる部分拡大を可能とした．拡大・縮小の中心点は常に表示されている実物投影機が捉えている範囲の中心とする．

(3) **ムーブ操作**

ムーブ操作には，1 本指もしくは２本指でのドラッグ操作が考えられる．

開発をはじめた段階では２本指でのドラッグ操作を採用していたが[7]，予備的な評価実験から，ムーブ操作を２本指のドラッグにしたことに対して否定的な結果が得られた．そのため 1 本指でのドラッグ操作を採用することとした．

4. 実装

4.1 ターゲット環境

実物投影機は，UVC（USB Video Class）規格に準拠したものとする．具体的には今回は株式会社エルモ社の L-12id を用いた．UVC 規格とは，web カメラ向けの USB 通信の仕様であり，コンピュータに映像を送るだけではなく，コンピュータからカメラを制御することが可能である．

また，実物投影機本体はコンピュータと接続し，その出

力を電子黒板やタッチ操作が可能な大型モニタ上に表示する．

今日の学校現場ではさまざまな OS が搭載されたコンピュータが取り入れられているが，電子黒板用コンピュータに多く採用されている Microsoft Windows 系の OS をターゲット OS とした．

4.2 実装環境

本アプリケーションでは，Visual Studio 2013 を用いて Microsoft Visual C# を使用し，WPF (Windows Presentation Foundation)アプリケーションとして実装した．.NET Framework のバージョンは 4.0 である．

実物投影機の制御には，Microsoft が提供する API（Application Programming Interface）である DirectShow を利用した．これによりパンやティルト，ズーム，露出，フォーカス等のカメラの制御とカメラの情報を取得することを可能とした．

4.3 傾き補正の実装

傾き補正はタップされた２点を通る線分と水平方向の直線とのなす角度を求め，2 点を通る線分が右上がりの時は時計回りに，右下がりの時は反時計回りにその線分が水平となるように求めた角度分映像を回転させる．

拡大・縮小が指示されていたときに傾き補正を指示した場合は、送られてくる映像をあらかじめ回転させてから表示させることとした．

また，ムーブが指示されていたときに傾き補正を指示した場合は，その時表示されている投影像の中心を回転補正の中心として補正させることとした．

4.4 拡大・縮小の実装

拡大・縮小機能の実装では，実物投影機の光学的なズームを十分に活用し，最良の画質を確保するためにハードズーム処理とソフトズーム処理の２通りの方法の組み合わせで行う．

次に，それぞれの拡大・縮小の方法に関して説明する．

(1) ハードズーム処理

ハードズーム処理では，実物投影機本体が持つ光学的なズームのみを用いて拡大・縮小を行い，画面には常に実物投影機本体から送られてくる映像をそのまま表示する．そのため，拡大することで実物投影機のカメラでは捉えられなくなる範囲が出てくるが画質を落とすことなく表示できる．

(2) ソフトズーム処理

ソフトズーム処理では，実物投影機本体から送られてくる映像に対してソフトウェア的なトリミングと拡大・縮小処理を施す．拡大をした場合には画質が落ちるが，拡大を限界なく行うことができる（図 8）．

拡大･縮小機能はこの２通りの処理を組み合わせている．

ハードズーム処理で拡大をしている状態でムーブ操作を行った際には（図 9-①，②），表示範囲が実物投影機から送られてくる映像の範囲外になるため，新たな表示範囲を含む最小範囲の映像となるように光学的なズームの倍率を下げる方向に調整し（図 9-③），ソフトズーム処理でトリミングと拡大を施す（図 9-④）．

また，ソフトズーム処理を使って拡大をしている状態でムーブ操作によって新たな表示範囲が実物投影機から送られてくる映像のより中心部分に移った際には（図 10-①，②），必要となる実物投影機からの映像の範囲が狭くなり，光学的なズームの倍率を上げることが可能になる．そこで，新たな表示範囲を含む最小範囲の映像となるように光学的なズームの倍率を上げる方向に調整し（図 10-③），ソフトズーム処理でトリミングと拡大を行うことで（図 10-④），最良の画質で表示させることを実現した．

加えて，ムーブが指示されている状態で拡大の指示をした場合は，指定した拡大率まで光学的なズームで上げられる場合は，光学的なズームによる拡大を行い，ソフトズーム処理でトリミングを施す（図 11-①，②）．光学的なズームだけでは上げられなかった場合は，最大限まで光学的なズームを上げ，ソフトズーム処理でトリミングと拡大を施す（図 11-③，④）．

そして，部分拡大は，光学的なズームを指定された範囲を含むようにする最小の倍率にし，ソフトウェアズーム処理でトリミングと拡大を施す．

なお，拡大・縮小の指示がされた時に光学的なズームの限界以上の拡大・縮小が指示された場合は，ソフトズーム処理を用いる．

4.5 補助機能の実装

(1) 一時停止・再開の実装

一時停止機能は，指示されたときの実物投影機からの映像を切り出した画像を表示するレイヤーを，映像を表示しているレイヤーの上に重ねることで実現する．この時，通常時の実物投影機からの映像の受信を止めてしまうと，再開させるときに時間がかかってしまうため，受信処理は常に行うこととした．

再開時は重ねている画像のレイヤーを閉じ，下の映像を再び表示させることでスムーズな再開を実現した．

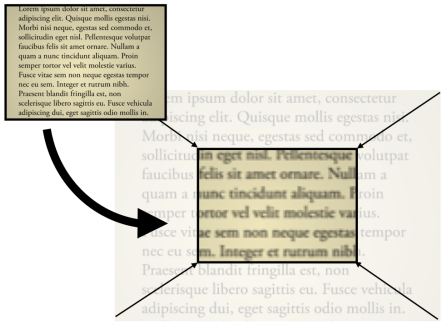

図 8　ソフトズーム処理

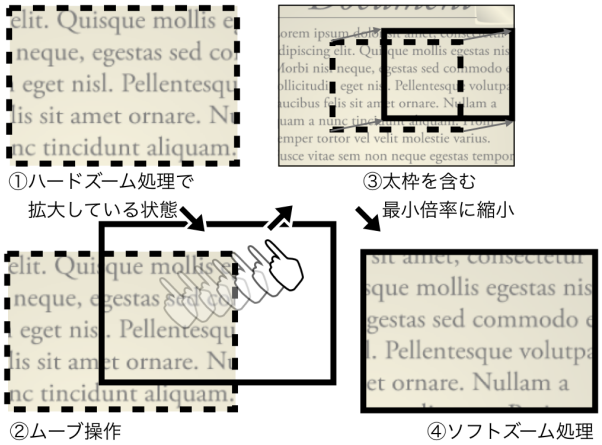

図 9　ハードズーム処理を使っている状態で
ムーブした時の処理

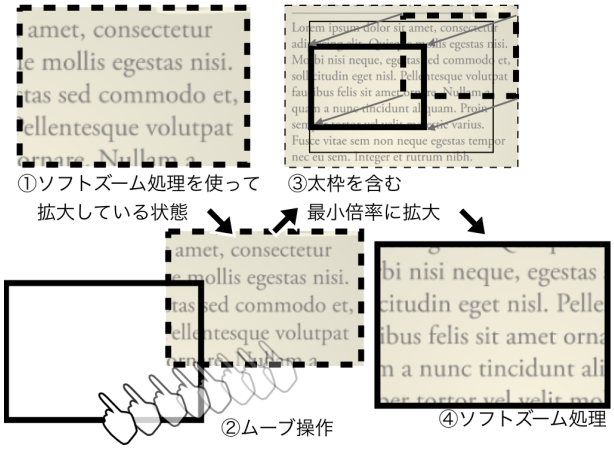

図 10　ソフトズーム処理を使っている状態で
ムーブした時の処理

(2) **非表示機能の実装**

非表示機能は，画面全体に黒のレイヤーを重ねることで実現した．

再びカメラの映像に切り替える時には，重ねている黒のレイヤーを閉じることで，下の映像を再び表示させることでスムーズな再開を実現した．

(3) **マスク機能の実装**

マスク機能は，カメラの映像の上に描画が可能な透明のレイヤーを重ね、その上にマスクさせるための黒の矩形を描画させることで実現した．

重ねた透明のレイヤー上をドラッグした時の始点と終点を通るように矩形を描画することとした．また，描画させた矩形をタップすることで矩形を透明にすることで非表示を実現させた．同じ箇所をもう一度タップすることで再びマスクさせることとした．

(4) **ハイライト機能の実装**

ハイライト機能は，カメラの映像の上に描画が可能な半透明のレイヤーを重ね、その上にハイライトさせるための半透明のレイヤー上に矩形内が透明になるように描画させ

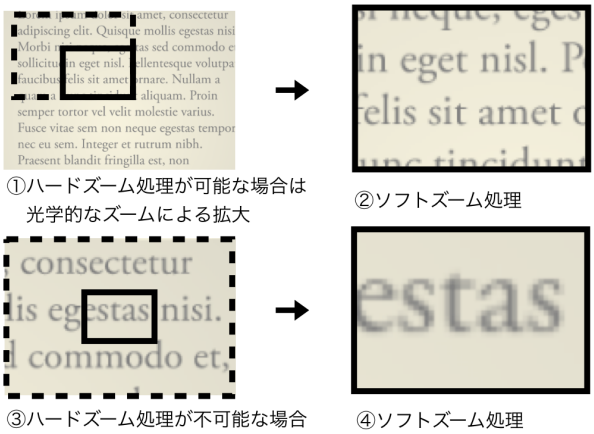

図 11　ムーブが指示されている状態での拡大

ることで実現した．

重ねた半透明のレイヤー上をドラッグした時の始点と終点を通るように矩形を描画することとした．また，重ねたレイヤーをタップすることで半透明のレイヤーを透明にすることを可能とした．

(5) **連携の実装**

電子黒板用ソフトウェアとの連携機能は，指示されたときの映像のフレームを切り出し，任意のフォルダ（電子黒板ソフトウェアの指定先による）に保存することで可能にした．

5. 実証実験

Simple Shoga の有用性を確かめるため，実際の授業で利用してもらう実証実験を行った．

5.1 目的

本実証実験の目的は，実物投影機本体を直接操作する従来環境において，

- 大型提示装置に写された映像を見ながら手元の対象物を動かす操作は非常に難しいということ
- 教師の視線は手元に行ってしまうのに対して，児童生徒の視線は大型提示装置に向いてしまうこと

の問題点を解決することができるかを検証することである．

本稿では，第 1 回実験の結果と現在行なっている第 2 回実証実験の様子を報告する．

5.2 第 1 回実証実験

5.2.1 概要

第 1 回実証実験の概要を表 1 に示す．

5.2.2 授業実践

授業の内容は，自分がお薦めする本のポスター，ポップ，帯を作成し紹介する学習活動を行うものである．

授業では，児童が制作途中の作品を全体で共有する際に Simple Shoga を活用した．うまくいっている（進んでいる）児童にどういった工夫をしているのか聞いて，児童全

©2017 Information Processing Society of Japan

体で共有していた．この時，児童が次々に，実物投影機に作品を置いて教師は電子黒板の前で傾きを補正して工夫したところを拡大して，中心になるようにムーブをするという操作を行っていた．

この様子から，Simple Shoga を利用することで児童自身が実物投影機本体を直接操作して，傾きを直し，工夫したところを拡大し，中心になるように調整する負担が解消しつつ，教師の投影場所と実物投影機の間を行来する時間の浪費も解消できた可能性がうかがえた．

5.2.3 インタビュー調査

授業後に実習生に行ったインタビュー調査によると,「操作時間が短縮されたことにより，より多くの児童の作品を全体で共有することができた.」と話しており, 5.1 の (1) の操作の難しさの問題が解決できたことが分かった．加えて，操作時間を短縮したことによって，本来の授業の時間に当てることができたと考えられる．

5.3 第２回実証実験

5.3.1 概要

第２回実証実験の概要を表２に示す．

表２　第２回実証実験の概要

項目	内容
対象	東京都小平市 公立小学校 第６学年 ２クラス
日時	平成 29 年 9 月 15 日-現在実証中
教科	理科

5.3.2 方法

授業実践では，実践の様子をカメラで撮影し記録をとっている．カメラは，児童の視線の対象を検証するため教室前方に 1 台，教師の動きを検証するために教室後方に 1 台それぞれ設置している．

教室前方のカメラからは,実物投影機本体を直接操作し，説明を加えた時の児童の視線の対象がどこにあるのか．そして，Simple Shoga を使って説明を加えた際の視線の対象がどこにあるのかをそれぞれ分析する．また，教室後方のカメラからは，教師が説明を加える際の場所が投影場所なのか実物投影機の設置場所なのか分析すると同時に，教師が投影場所と実物投影機の間を行き来する回数も分析する予定である．

6. おわりに

本稿では，電子黒板からの直接的な操作を可能とした実物投影機インタフェース Simple Shoga を提案し，設計，開発，実証実験を行った．

実物投影機本体を操作する際の操作の難しさや視線の不一致の問題を解決するために，傾き補正機能，拡大・縮小機能，ムーブ機能を提案し開発した．また，実証実験では

表１　第１回実証実験の概要

項目	内容
対象	東京都小平市 公立小学校 第５学年
日時	平成 29 年 6 月 21 日
時間数	1 時間
教科	国語科
単元名	広がるつがなるわたしたちの読書

実物投影機本体を直接操作した場合と，開発した Simple Shoga を活用した授業実践を行っている．

今後は，授業実践で撮影した映像を元に実物投影機本体を直接操作した場合と，開発した Simple Shoga を活用した場合の児童の視線対象を分析し，よりよいインタフェースにしていきたい．

なお，4K に代表される高解像度カメラを搭載した実物投影機（以下：4K 実物投影機）が市販されるようになってきている．従来の実物投影機を比較して，4K 実物投影機は高解像度であるため，ソフト処理による拡大を行なった場合でも，教科書やプリントの拡大等の通常使用であれば文字が潰れるなどの問題が起こりにくくなる．よって，4K 実物投影機では，本研究におけるハードズーム処理とソフトズーム処理の組み合わせは必要なくなり，ソフトズームだけで実用上十分になるかもしれない．しかし 4K 実物投影機の普及はまだ先であろう．

参考文献

[1] 文部科学省：教育の情報化ビジョン(2011).
[2] 文部科学省：学校における ICT 環境整備の在り方に関する有識者会議 最終まとめ(2017).
[3] 櫻井みや子 和田裕一 関本英太郎：コンピュータ＆エデュケーション，Vol.31，pp.82-87(2011).
[4] 堀田龍也 高橋純 山田愛弥 八木澤圭:小学校教員が実感している実物投影機の活用効果に関する分析，日本教育工学会論文誌，第 37 号，pp.153-156 (2013).
[5] 野中洋一：現実的な ICT 活用のための普通教育の ICT 環境，日本教育工学会論文誌，第 27 号，pp.16-17 (2011).
[6] 比留間雄大 加藤直樹：電子黒板を基幹とした ICT 活用環境の構築，情報処理学会研究報告コンピュータと教育，CE-135(1)，pp.1-8 (2016).
[7] 前田智郎 小林信輔 比留間雄大 加藤直樹:子黒板からの操作を可能とした実物投影機インタフェースの開発，情報処理学会研究報告コンピュータと教育，CE-135(2)，pp.1-7 (2016).

ⓒ2017 Information Processing Society of Japan