

動的な科学現象の理解支援のための簡易動画作成システム “Galop”における動画作成過程の可視化

裏和宏^{†1} 藤澤修平^{†2} 中山迅^{†3} 垂水浩幸^{†4} 八重樫理人^{†1} 林敏浩^{†1}

我々は、理科教育における動的な科学現象に対する児童の理解支援を目的に、簡易動画作成システム“Galop”を開発した。しかし、Galop では、児童が作成した動画を見ても、教師は児童の動画作成過程を読み取れなかった。動画作成過程を可視化すると、教師が児童の思考過程を読み取り、授業改善が可能になると考えられる。本稿では、Galop における動画作成過程可視化システムの設計と開発について述べる。

Visualization of Animation Making Process for “Galop” as a Simple Animation Making System for Understanding Support about Dynamic Phenomena

KAZUHIRO URA^{†1} SHUHEI FUJISAWA^{†2} HAYASHI NAKAYAMA^{†3}
HIROYUKI TARUMI^{†4} RIHITO YAEGASHI^{†1} TOSHIHIRO HAYASHI^{†1}

We develop a simple animation making system called “Galop” for students to understand about dynamic phenomenon in the science education. But, teachers can't see the animation making process from children's animation made by Galop. By visualizing the animation making process, teachers can see the children's thinking process and improve their teaching skill. In this thesis, we explain the design and development of the animation making process visualization system for Galop.

1. はじめに

教育現場において、教師が児童の思考過程を理解することは、より良い授業を行うために重要である[1]。これは、教師が児童の思考過程を読み取ることで、その情報を分析して授業改善を行うことが可能となるからである。

我々は、理科教育における動的現象に対する児童の理解支援を目的に、簡易動画作成システム“Galop”[2][3][4][5]の開発を行った。しかし、Galop では教師が児童の動画作成過程を見ることができず、児童の思考過程を読み取れなかった。そこで、我々は、Galop における動画作成過程可視化システムの設計と開発を行った。

2. Galop

Galop[a]は、理科教育における動的現象に対する児童の理解支援を目的とした簡易動画作成システムである。ここで述べた動的現象とは、水が蒸発する様子や月が公転する様子などの、複数の変化が同時に起こるような現象や、時間経過に伴って状態が変化していく現象のことである。図1に、Galop の実行画面を示す。

Galop で行える操作には、以下の3種類のものがある。

(1) 素材を読み込んで使用

- 他の描画ソフトで作成した図を素材として使用
- 素材には、問題文や実験器具を表し、変化が付けられない「背景」と、物質や粒子などの操作対象を表し、変化を付けられる「図形オブジェクト」の2種類ある

(2) 図形オブジェクトに対して変化を付ける

- 変化の種類には、以下の5種類がある
 1. 移動（直線移動・自由線移動）
 2. 色変更（枠の色・内部の色）
 3. 拡大・縮小（縦横・縦のみ・横のみ）
 4. 前後移動（全面移動・背面移動）
 5. 削除（削除・復活）
- これらの変化は、全て数回のクリックやドラッグ&ドロップという単純な操作で付けられる
- 全ての図形オブジェクトに対して、これらを各1つずつまで設定でき、これを1つの描画として扱う

(3) カットを用いて複雑な現象を表現

- カットを用いると、前の描画の終了段階を引き継いで、その続きから描画を行うことができる
- 複数のカットを繋げることで、「登ってから降りてくる」「青になってから紫になる」といった、途中で動きが変化するような現象も表現できる
- カットを用いることで、必要な操作は、図形オブジェクトに変化を付ける時の単純な操作を繰り返すだけとなるため、簡単な操作だけで複雑な現象を表現可能

^{†1} 香川大学総合情報センター
Information Technology Center, Kagawa University

^{†2} 香川大学防災教育センター
Joint Education Center for Disaster Prevention, Kagawa University

^{†3} 宮崎大学教育文化学部
Faculty of Education and Culture, Miyazaki University

^{†4} 香川大学工学部
Faculty of Engineering, Kagawa University

a) Galop ホームページ：
<http://www.eng.kagawa-u.ac.jp/~hayashi/galop/galopHP.html>

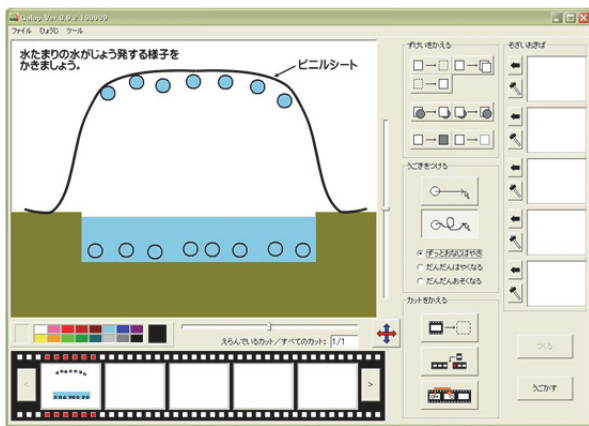


図 1 Galop の実行画面

3. Galop の問題点

Galop は操作履歴を全て記録しているが、動画再生時に表示されるのは最終的に完成した動画だけあり、確認できない動画作成過程も存在した。再生時に確認できない情報の例としては、操作を取り消した個所や、どの時間帯に何の操作を行っていたかという操作分布の情報などがある。

動画作成過程を見られないと、教師が児童の動画を見ても思考過程の全てを読み取れず「児童がどこで悩んだか、どこで間違えたか、どこで理解したか」といった情報を判断できない。一方で、もしこれらの情報を読み取れば、教師はその情報をもとに、児童にアドバイスを与えたり、授業改善を行ったりすることが可能となる[6][7]。

そこで、我々は、Galop における動画作成過程可視化システムの設計と開発を行った。なお、操作履歴情報は Galop の動画ファイルにすでに記録されているので、その情報をいかに教師が扱いやすい形で可視化するか検討を行った。

4. 動画作成過程可視化システムの設計

4.1 可視化項目

最初に、可視化が必要な項目について検討し、以下に示す6つの可視化項目を定めた。これらは、児童の操作データの中で教師が着目したい項目であり、可視化した情報を分析して授業改善を行うために必要となるものである。

(1) 操作の概要

操作があった時間、操作の内容、操作の推移、特徴的な個所など、動画作成過程の全体概要。全体を俯瞰しておおまかな様子を見るためのもの。これを見ることで、教師は操作概要と特徴的な個所がわかり、これからどの部分に着目して分析していけば良いのか判断できる。

(2) 操作の分布

どの時間帯に何の操作が多いかという、操作の分布状況。これを見ることで、児童の動画作成過程の傾向がわかる。

(3) 操作の有無

操作があった時間と、操作が無かった時間。操作が無かつ

た個所は、次の表現部分で悩んでいて操作の手が止まっていた個所だと判断することができる。そのため、これを見ることで、説明やアドバイスが必要である個所がわかる。

(4) 操作の密度

短時間で多くの操作が行われている時間帯。一度に多くの操作が行われている個所は、その部分の理解がしっかりできており、順調に操作していた個所だと判断できる。そのため、これを見ることで、児童が理解できた個所がわかる。

(5) 操作の複雑さ

短時間で複数種類の操作が行われた時間帯。一度に複数種類の操作が行われた個所は、その部分で複雑な表現をしようと熱心に操作していた個所だと判断できる。そのため、これを見ることで、教師は児童が着目した点がわかる。

(6) 特定操作

特定の操作があった時間。特定の操作の個所が強調されるよう可視化することで、教師は求める特徴個所を素早く見つけ出すことができる。特に、削除が行われた個所は何度もやり直して試行錯誤していた個所だと判断できるが、Galop では全くわからなかった情報であるため重要である。

4.2 可視化の基本ルール

Galop を用いた授業では、教師は授業後に児童の動画を分析して評価やアドバイスを行う。しかし、全ての児童の動画を分析するには多くの手間と時間がかかり、教師にとって負担となっている。そこで、教師の負担軽減を考慮して、以下の3つの可視化における基本ルールを定めた。

(1) 動画作成過程全体を表示

1 つ目の基本ルールとして、動画作成過程全体を画面内に一度に表示すると定めた。これは、全ての過程を一度に見られるようにすることで、操作の分布や児童の動画作成過程の傾向、特徴的な個所がどの時間帯に表れているかなどの傾向を把握しやすくするためである。

(2) 特徴的な個所が目立つように表示

2 つ目の基本ルールとして、特徴的な個所が目立つように表示すると定めた。これは、動画作成過程のなかで重要となる個所に目が行くようにすることで、一つの動画の分析にかかる時間を短縮させるためである。

(3) 時間軸は一方に直進する形で表示

3 つ目の基本ルールとして、時間軸は折り返したりせずに、一方に直進する形で表示すると定めた。これは、複数の児童を並べて比較し、共通する個所や特定の児童のみに表れる特徴を分析することを想定したからである。

4.3 可視化方法の検討

設定した可視化の基本ルールを満たす可視化方法として、画像形式と表形式の2種類の可視化方法を提案し、どちらの方法がふさわしいか検討を行った。

(1) 画像形式の可視化方法

画像形式の可視化方法は、操作が行われた個所での動画のキャプチャ画像と、その時の時間を、時間軸に沿って並べ

て表示する方法である。行われた操作の違いは、キャプチャ画像の枠線の色で区別する。画像形式による可視化の場合には、動画の様子が視覚的にわかりやすいという特徴がある。図2に、画像形式による可視化のイメージを示す。

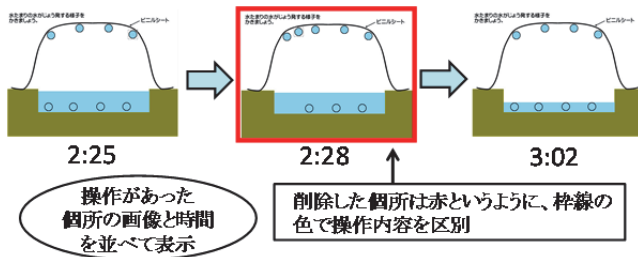


図2 画像形式による可視化のイメージ

(2) 表形式の可視化方法

表形式の可視化方法は、横軸に全体操作時間を取り、操作分布をセルの位置で表示する。操作内容の違いは、削除は赤、移動は青というように、セルの色で区別する。また、実際の授業では「全ての気泡を上へ移動する」というように、同じ動きを連続して付ける場合が多いため、同じ操作が続く個所はセルを結合して、操作個所がわかりやすくなるようにする。表形式による可視化の場合には、操作の密度や分布が視覚的にわかりやすいという特徴がある。図3に、表形式による可視化のイメージを示す。

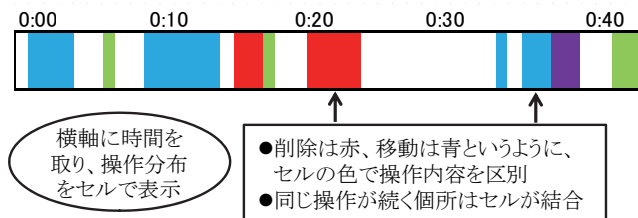


図3 表形式による可視化のイメージ

(3) 可視化方法の比較

2種類の可視化方法を比較し、どちらの可視化方法を採用するか検討した。その結果、可視化項目として定めた操作分布や操作密度がわかりやすいことと、実際の授業では操作内容が多くなり、画像形式だと全体表示時に画像が小さくて見づらい可能性が高いことから、表形式を採用した。

4.4 表形式の可視化方法の問題点

実際の授業で児童が作成した動画を解析してみると、連続して操作が行われずに操作が単独で行われた個所が多かった。そのため、提案した可視化方法だとセルが細長い棒状に表示されてしまい、操作内容の表示が目立たずに読み取りにくくなってしまった。これは、同じ操作が繰り返された個所のみ、セルをまとめるようにしたことと、操作単位を1秒ごとに取り扱っていたことが原因である。

そこで、3つの基本ルールを守りつつ、教師が見やすい

ように表示できる表形式可視化方法の検討を行った。そして、既に提案した表示方法に、新たに4種類の表形式可視化方法を加え、計5種類から選択できるようにした。

5. 動画作成過程可視化システム

5.1 5種類の表形式可視化方法

以下に、選択できる5種類の表形式可視化方法を示す。

(1) 通常表示形式

横軸に全体操作時間を取り、操作分布と操作内容をセルの位置と色で表示する。また、同じ操作が続く個所はセルを結合して、操作内容を目立たせる。この可視化方法は、動画作成過程全体の概要や操作分布を正確に把握することができる。一方で、操作が単独で行われた個所は、セルの表示が細長い棒状になってしまい、読み取りにくくなる。そのため、操作の有無や特定操作の位置を読み取ることが難しい。以下の図4に、通常表示形式による可視化例を示す。

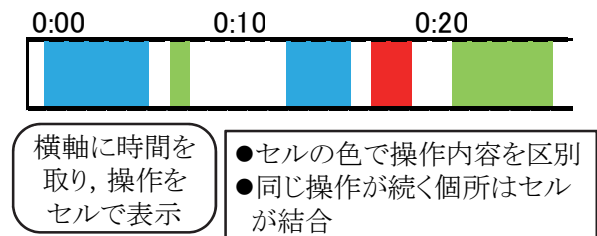


図4 通常表示形式による可視化

(2) グループ化形式

操作内容を10秒の操作単位にまとめて表示する。10秒のグループ内に同一操作しか存在しない場合は操作内容の色で表示し、複数種類の操作が混在する場合は混在を示す色(オレンジ色)で表示する。この可視化方法は、通常表示方法より一つのセルの大きさが大きくなるため、操作のあった位置がはっきりわかる。また、混在を示す色の個所は、短時間で複数種類の操作が行われている個所なので、混在を示す色の位置を見ることで複雑な操作が行われた個所を判断することができる。一方で、動画によっては混在色ばかりになってしまう可能性もある。また、操作単位の扱いが10秒単位になっているため、詳細な分析には向かない。以下の図5に、グループ化形式による可視化例を示す。

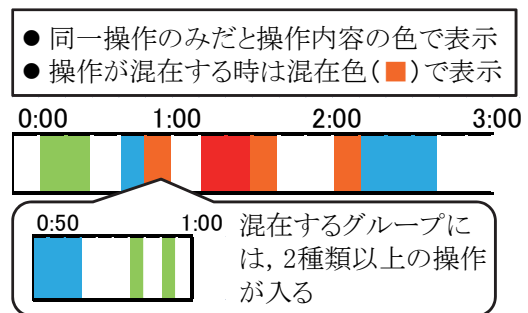


図5 グループ化形式による可視化

(3) 積み上げ形式

グループ化と同様に操作単位を 10 秒ごとで扱うが、グループ化と違い、10 秒のグループ内での操作内容や操作位置もわかるように、操作を縦方向に積み上げて表示する。積み上げる際には、10 秒のグループ内でその位置に操作内容があったかは考慮せず、10 秒のグループ内で出現した順に下から詰めて積み上げる。この可視化方法は、セルが細くて見にくくならず、グループ化形式に比べて、10 秒のグループ内の詳細な操作情報を知ることができる。また、積み上げの高さを見ることで、操作密度が高い個所を判断できる。一方で、下から上へと、目線が繰り返し移動するため、横方向に直進して見れば良かった通常表示手法やグループ化手法と比べると、操作の流れが追いにくくなっている。

(4) 詳細積み上げ形式

基本的な可視化方法は積み上げ形式と同じだが、10 秒のグループ内での操作位置を反映させて表示する。10 秒のグループ内では、時間軸は下から上へと進む形になっている。この可視化方法は、セルが細くなる問題を解決したうえで、動画作成過程の操作を正確に表示した形になっており、通常表示形式と同等の情報量を持っている。そのため、全体の概要や特定操作の位置をつかむことに優れている。一方で、操作個所が散乱して表示されるため、各時間における操作の有無がわかりにくい。また、視線が繰り返し移動することになるため、操作の流れが追いにくい。図 6 に、積み上げ形式と詳細積み上げ形式による可視化方法を示す。

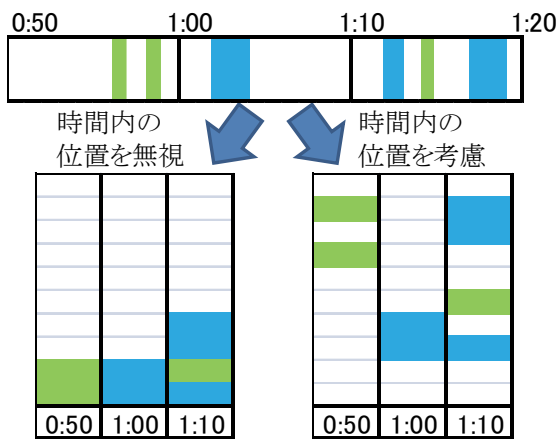


図 6 積み上げ形式と詳細積み上げ形式による可視化

(5) 単色表示形式

可視化の形式は通常表示形式と同じだが、操作内容による色分けを行わず、操作があった個所を黒色、操作が無かった個所を白色と、モノクロで表示する。これにより、対比がはっきりするため、セルが細長くなったとしても操作の有無を区別することができる。また、モノクロ表示から指定した操作の個所だけ色を付けて表示させることもできる。これにより、特定操作の位置を容易に確認できる。一方で、操作位置はわかるが、操作内容はわからない表示形式なの

で操作の概要や操作分布や調べることはできない。図 7 に、単色表示形式による可視化例を示す。

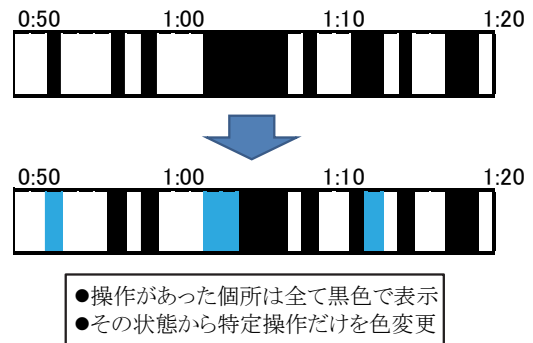


図 7 単色表示形式による可視化

5.2 動画作成過程可視化システムのインターフェース

教師が 5 つの可視化形式を選択して用いられるようにシステムを実装した。図 8 に可視化画面のインターフェース、図 9 に詳細情報画面のインターフェースを示す。

可視化画面では、読み込んだ Galop ファイルの動画作成過程を可視化して表示する。読み込んだ直後は通常表示形式で可視化され、可視化形式のボタンをクリックすることで、各可視化形式の表示に切り替わる。また、画面左下には、色と操作内容の対応表を表示して、教師が色の確認を常時行えるようにしている。なお、色の設定では、重要度の高い「削除」「混合」「カット引継」に対して、目立つ色である「赤」「オレンジ」「黄」を割り振っている。表示された動画作成過程のうち、操作があった個所をクリックすると、その個所の詳細情報画面へと移行する。

詳細情報画面では、選択された個所の動画の詳細情報を表示する。画面左側には、選択個所における動画がどのような状態であったかを示す。また、画面右側には、選択箇所における操作の詳細情報として、操作が行われたカット番号、操作の種類、操作が行われた時間が表示される。操作の種類については、より正確な操作内容を示す。例えば、「移動」ならば、直線移動と自由線移動のどちらなのか、「色変更」ならば、何色から何色に変化したのかを示す。

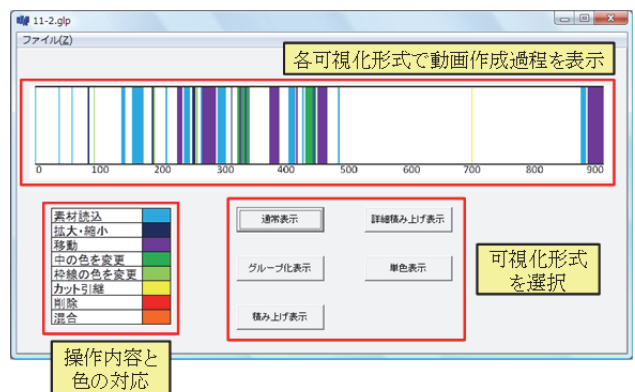


図 8 可視化画面のインターフェース



図9 詳細情報画面のインタフェース

5.3 テンプレート

教師が短時間で動画作成過程の分析ができるようにするためには、調べたい情報に対して、どの可視化方法を使って、どうやって分析を行えば良いのかを示し、教師を誘導する必要がある。そこで、テンプレートを作成して、教師の誘導を行うことにする。テンプレートとは「どの個所を分析することで、何がわかるのか」「ある項目を分析したいのなら、どの可視化方法を用いれば良いのか」などの情報を教師に示し、教師がスムーズに動画作成過程の分析を行えるようする、分析の手順書のようなものである。

テンプレートには、まず、「着目すべき可視化項目にはどのようなものがあるのか」「各可視化方法はそれぞれどういう特徴を持ったものなのか」という説明が示される。これは、教師に分析の基礎知識を与えるためのものである。

次に、この情報をふまえた上で「どの可視化項目を分析したいなら、どの可視化方法を用いれば良いのか」を示し、教師が分析を行えるように誘導する。この部分では、目的の可視化項目を分析するためにふさわしい可視化形式とともに、その手法を用いて分析を行う場合には、どのような方法で分析すれば、可視化項目を読み取ることができるのかを示す。以下の表1に、テンプレートの例を示す。この表1は、各可視化形式がどの各可視化項目の可視化に向いているかを評価し、各可視化項目ごとに、その項目を可視化するのに優れた上位2つの形式について表記している。例えば、教師が操作の複雑さを調べたい場合、表1のテンプレートを見ることで、グループ化形式で可視化し、オレンジ色の個所を見れば良いということがわかり、短時間で簡単に分析を行うことが可能になる。

実際に教師が動画作成過程の分析を行う時には、このようなテンプレートを参考にしながら、児童の動画を分析していく。テンプレートの誘導があることで、教師は動画作成過程可視化システムを初めて使用する場合でも、短時間でスムーズに分析を行うことができる。

表1 テンプレートの例

見たい可視化項目	適する可視化形式	読み取れる個所・読み取れる方法
操作の概要	詳細積み上げ	セルの位置と色から、どの時間に何の操作が行われたか読み取れる。 また、セルの密集具合や、その個所に存在する色の種類で、操作の複雑さも読み取れる。
	通常表示	セルの位置と色から、どの時間に何の操作が行われたか読み取れる。
操作の分布	通常表示	どの位置に何色のセルが多くあるかで、操作分布が読み取れる。 また、セルが大きい個所は、同一の操作を繰り返していた個所だと読み取れる。
	積み上げ	どの位置に何色のセルが多くあるかで、操作分布が読み取れる。
操作の有無	単色表示	モノクロ表示時に、黒色個所が操作個所、白色個所が操作が無かった個所だと読み取れる。
	グループ化	セルがある個所が操作個所、セルが無い個所が操作が無かった個所だと読み取れる。
操作の密度	積み上げ	セルが高い個所やセルが集まっている個所が、操作が多い個所だと読み取れる。 逆に、セルが低い個所やセルが少ない個所が、操作が少ない個所だと読み取れる。
	単色表示	モノクロ表示時に、黒色が多くある個所が、操作が多かった個所だと読み取れる。 逆に、白色が多い個所が、操作が少なかった個所だと読み取れる。
操作の複雑さ	グループ化	操作の混在を表す色(オレンジ色)の部分が、複雑な操作があった個所だと読み取れる。
	積み上げ	同じ縦軸や隣接する縦軸に違う色が多い個所が、複雑な操作があった個所だと読み取れる。
特定操作の位置	単色表示	特定操作の色を変更した時、色が変化した個所が特定操作の位置だと読み取れる。
	詳細積み上げ	特定操作を表す色のセルがある個所から、特定操作の位置を読み取れる。

6. 評価実験

6.1 実験目的・実験内容

各可視化項目について、テンプレートの誘導に従って分析が可能であるか、また、分析は容易であるかを評価するために、評価実験を行った。

実験は、香川大学工学部の林研究室の学生5名を対象に行った。実験の内容は、設定した6種類の可視化項目ごとに分析項目を2~3個ずつ設定し、計13個の質問について、実際の児童データをテンプレートに従って分析しながら、質問用紙に回答を記入してもらうという内容である。質問項目は、以下の示す13項目である。

【操作の概要に関する質問】

- 序盤・中盤・終盤のうち、操作量が一番多いのはどれか？
- 全体で一番多く行われている操作は何か？

【操作の分布に関する質問】

- 「中の色変更」が行われていないのは、序盤・中盤・終盤のどれか？
- カット引継が最後に行われたのは、何秒付近か？

【 操作の有無に関する質問 】

- 操作が長時間無かったのは、何秒から何秒の間か？
(複数回答可)
- 操作が長く止まることなく、順調に作業していた個所は何秒から何秒か？

【 操作の密度に関する質問 】

- 短時間で多くの操作が行われたのは、何秒付近か？
(複数回答可)
- 同一種類の操作が短時間で大量に行われたのは何秒付近か？(複数回答可)
- また、その操作の種類は何か？

【 操作の複雑さに関する質問 】

- 複雑な操作はどのあたりに偏っているか？または、まんべんなく存在しているか？
- 特に長時間、連続して複雑な操作が行われたのは何秒付近か？

【 特定操作の位置に関する質問 】

- カット引継の操作は、何回行われているか？
- カット引継の操作は、何秒付近にあるか？(複数回答可)

6.2 実験結果

実験の結果、13 個の質問について、全員が回答することができた。また、回答内容については、複数回答になっている個所で回答数が異なったり、秒数が多少前後した回答があったりしたが、間違った分析を行った人はいなかった。このことから、提案した可視化形式とテンプレートをを用いることで、動画作成過程を分析できることがわかった。

回答にかかった時間は 5 分～8 分 (平均 6 分 30 秒) と短い時間であった。また、実験参加者から「テンポ良く順調に分析できた」という回答を得ることができた。このことから、短時間での分析も可能だということがわかった。

なお、正確な結果を得るためには、実際に現場で教えている教師の方を対象に実験を行う必要がある。しかし、現場の教師より知識の少ない学生でも分析ができたことから、教師でも分析が可能ではないかと考えられる。

7. 考察と今後の課題

本稿では、Galop における動画作成過程の可視化方法の設計とシステムの開発、および、評価実験について述べた。可視化項目を設定し、それらに対応できるように、5 種類の表形式の可視化形式を提案し、それらを選択して使用できるようにシステムを開発した。さらに、テンプレートによる誘導を行うことで、教師が適切に動画作成過程可視化システムを扱えるよう誘導を試みた。評価実験の結果、テンプレートの誘導に従って分析を行うことで、提案した可視化形式を用いて可視化項目を短時間で分析可能なことがわかった。これにより、初めて Galop を用いた授業を行う

教師でも、適する可視化方法を選択し、短時間で必要な情報を読み取り、児童の動画を分析可能であると考えられる。

従来の Galop のみを用いた授業では、児童の動画を見ても動画作成過程は読み取れず、教師ができる分析は限られていた。動画作成過程を可視化したことで、従来では見られなかった児童の操作過程や傾向を分析可能になった。そのため、動画作成過程可視化システムの開発は、教師が従来では行えなかった新たな分析を可能にした点で有効であったと考えられる。また、動画作成過程を可視化したことで、新たに見えるようになった可視化項目が、新しい授業形態の提案や、より良い授業への改善に繋がる可能性も考えられる。例えば、ある特定の時間に、複数の児童が同時に思考変化を起こしていた場合、その時間に教師が行っていた行動を確認することで、有効だった教え方や、逆に勘違いをさせてしまった教え方が何なのかがわかり、授業改善につながるということケースが考えられる[8]。

可視化形式やテンプレートの有効性については、今後、現場の教師の方に使用していただき、正確な評価実験を行っていく必要がある。また、システムの実装では、複数児童の動画作成過程を並列表示して比較可能にする機能について検討する必要がある。さらに、現状では現れた特徴が児童の思考によるものか、操作に不慣れなことによるものか、あるいは、居眠りなどが原因なのかという判断ができないため、この問題についても考察していく必要がある。

参考文献

- 1) 土居 慎也, 三崎 隆, “児童の思考の流れを生かす学びに関する事例研究(1)–小学校第 4 学年単元「つかまよう空気・水」を例に–”, 釧路論集: 北海道教育大学釧路校研究紀要(37), pp.53-59(2005)
- 2) 藤澤 修平, 林 敏浩, 中山 迅, 垂水 浩幸, “動的な現象の理解を支援するアニメーション作成システム –ニーズ分析に基づくシステム設計–”, 電子情報通信学会技術研究報告 Vol.108(No.470) ET2008-102, pp.53-58(2009)
- 3) 林 敏浩, 藤澤 修平, 垂水 浩幸, 中山 迅, “動的な現象を表現するための動画作成システムの開発”, 電子情報通信学会技術研究報告 Vol.109(No.453) ET2009-106, pp.13-18 (2010)
- 4) 藤澤 修平, 裏 和宏, 林 敏浩, 垂水 浩之, 中山 迅, “動的な科学現象の理解を支援する動画作成支援システムの開発”, 教育システム情報学会研究報告 Vol.25(No.3), pp.55-58(2010)
- 5) Toshihiro Hayashi, Hayashi Nakayama, Hiroyuki Tarumi, “Thinking Representation Tools for Science Education with Drawing”, Proceedings of the 2012 Third International Conference on Emerging Intelligent Data and Web Technologies(EIDWT 2012), pp.265-269(2012)
- 6) 堀 哲夫, “学力の何が問題か: 科学的概念の形成と理解研究の視点から”, 日本教育学会大会研究発表要項 59, pp.336-339(2000)
- 7) 池内 慈朗, “レゾ・エミリアとハーバード・プロジェクト・ゼロによるコラボレーション Making Learning Visible –幼児教育から学ぶドキュメンテーションによる学習過程の可視化–”, 美術教育学: 美術科教育学会誌(31), pp.43-54(2010)
- 8) 殿村 貴司, 古田 壮宏, 赤倉 貴子, “ビデオ再生に同期させて行う授業評価システムのための評価項目の検討”, 日本教育工学会研究報告集 2009(5), pp.59-64(2009)