

# 複数カメラによる多方向からの撮影動画を用いた 製作作業の自己確認教材の試作

— 中学校技術科 鋸挽き作業 —

吉池 有希 教育学研究科 技術教育専修

西 正明 生活科学教育講座

キーワード：鋸挽き，USB カメラ，動画比較，自己確認，動画教材

## 1. はじめに

学校教育現場における大きな課題の一つとして「個」と「全体」の学習の進度差が挙げられ、それに関して多くの教材の研究・開発がなされてきた。しかし、ほとんどの学習教材は自分の目的に合った内容であるとは限らない。特に、技術科のように作業が伴う教科では、教師が一人一人の作業動作を確認し指導するのが正しい作業動作の習得に最善と考えられるが、作品の完成も迫られる授業の中では、多くの時間を要することから実施することは困難である。そこで、生徒の実際の作業と模範となる教師の作業を動画ファイルにしておいて、パソコン画面上で2つの動画を並べて同時に表示して比較できる動画比較システムを開発した<sup>1)</sup>。このシステムでは、あらかじめ模範となる作業の動画をサーバに登録しておいて、生徒は自分で自分の作業を動画でキャプチャしてサーバに簡単に登録できるようにしている。これによって生徒は自分の作業と模範の作業を動画で見比べることができ、“正面”から撮影した動画比較では自ら改善点を発見してより正しい作業ができるようになっていくことが確認された。しかし、この動画比較システムでは、生徒自身の作業と教師の作業を比較する動画を1画面ずつに固定していた。1画面ずつの比較では、自分の作業動作を改善していくには十分ではない場合があると考えられる。鋸挽きなどの作業をさまざまな方向から撮影しておいて、模範作業と同じ方向から撮影した動画で比較するためには、その都度比較する動画を選択し直さなければならないため手間がかかる。そこで、生徒が作業動作を時間の切れ目がないように手早く確認してよりの確に改善していくことができるようにすることを目的として、USBカメラを複数用いて“正面”、“側面”、“上”の3方向から作業動作を同時に撮影し、生徒自身の作業と教師による模範作業を3画面ずつ同時に表示して比較できる動画比較システムを試作し、その動作確認をすることにした。

動画を用いた研究として、Web動画教材を手本にしながら、説明された操作を学習者が実際にやってみる「課題遂行タイプの教材」<sup>2)</sup>が数多くある。Web動画教材を手本に用いると、文字や静止画で説明するよりも音声と動画が加わることでより多くの情報を用いて説明できるため、生徒の理解度は高まると思われる。しかし、実際の作業と直結するものではないため、必ずしも正しい作業の習得に結びつくものではない。「課題遂行タイプの教材」は動画を教授方法として用いる教師側からのアプローチであるのに対して、動画比較システムは生徒自らの気付きを促す教材と言えるものであり、このような生徒からのアプローチを含んだWeb動画教材というものは少ない。作業動作を一人一人別々に撮影して動画で同時に表示して比較するためには、ビデオカメラ2台とディスプレイ2台があれば実現可能である。しかし、ディスプレイとビデオカメラはまだ高価であり、同時に比較する動画を増やそうとすると、それに必要な台数分の機材を揃えなければならなくなり、教育現場で実現することは困難であろうと考える。そこで、USBカメラとパソコンを用いることにした。USBカメラは安価であり、その映像をキャプチャしてパソコンに動画データとして取り込めば、パソコンで動画を容易に保存管理でき、目的の動画を素早く選択して表示できるようになる。

## 2. 動画比較システムの概要

先に開発した動画比較システムの概要を述べる。動画比較システムは、USBカメラを用いて作業の映像を動画でキャプチャする部分、キャプチャした動画ファイルをサーバにアップロードして登録する部分、そして登録した動画ファイルから目的の動画ファイルを選択して比較表示する部分の3つの部分で構成される。USBカメラの映像の動画キャプチャは、パソコンにUSBカメラを接続して動画キャプチャのフリーソフトであるVideoViewerを使用して行った。USBカメラには、フレームレート30fpsで撮影可能な30万画素の小型軽量なカメラを使用した。動画登録と動画比較表示の部分については以下に述べる。

### (1) 動画登録

USBカメラの映像を動画キャプチャしたファイルは、サーバにアップロードして登録しておく必要がある。そのため、Web上でよく使用されている電子掲示板システムに、動画ファイルのアップロード機能を加えて、動画ファイルを登録できるようにしている。動画ファイルは、サーバにアップロードして登録すると、すぐに表示可能な状態になる。ここで登録する動画ファイルは、比較する生徒の作業映像の動画ファイルである。模範となる作業の動画ファイルはあらかじめサーバの決められた場所に保管しておき、動画比較するときに選択できるようにしておく。

図1に動画登録画面を示す。動画登録画面では、まず[登録者]と[タイトル]を記入する。ファイルの欄では、ファイル位置とファイル名を直接記入しても構わないが、[参照]ボタンをクリックするとパソコン内のファイルが表示されるので、その中から目的の動画ファイルを選択することができる。次に、[登録する]ボタンをクリックすると、動画ファイルがアップロードされて登録される。登録が済むと、動画ファイルは登録日時やタイトルなどの情報とともにサーバ内に保存される。このとき、もし記入漏れがあるとアップロードされない。サーバ内に登録される動画ファイルの名前は、登録日時から自動的に取得されるため、他の登録動画ファイル名と同じ名前になることはない。

この動画登録システムの利点として次のことが挙げられる。1つ目は、アップロードされた動画ファイルはサーバ内に自動的に保存されるため、アップロード時のミスが起きにくく、保存しておいたファイルを誤って上書きしてしまったり削除してしまったりすることが起きにくいことである。ファイルのアップロード作業の簡略化とデータの保存性に優れている。2つ目は、タイトルを付けたことで登録されている動画ファイルの内容が判断しやすいことである。アップロードして登録できた動画ファイルは、図1に示した動画登録画面の下部にすぐに表示されるので、その場で閲覧して確認することが可能である。さらに、一人の生徒が何回でも動画登録できるので、ポートフォリオにおける作業の成長記録として保存しておくことが可能であり、振り返り学習や評価の際に活用することができる。

### (2) 動画比較表示

必要な動画ファイルが登録してあれば、生徒による作業と教師による作業の動画をそれぞれ1画面ずつ選択して、表示して比較することができる。図2に動画選択画面を示す。図2において、生徒はまずサーバの中に保存されている模範となる映像の動画ファイルとアップロードして登録し

<登録日時>	名前	[タイトル]	ファイル名
<2007/10/19 14:44>	yo	[1]	19144438.avi
<2007/10/12 15:42>	kakasi	[mae3]	12154215.avi

図1 動画登録画面

自分の映像の動画ファイルをプルダウンメニューから選択する。そして[比較]ボタンをクリックすると、図3に示すような動画比較画面が表示される。動画の再生時間は10秒間に設定してあり、2つの動画はほとんど同時に再生される。生徒は選択した動画を見比べて、自分の改善点を見出す。

このシステムの有効性として次のことが挙げられる。1つ目は、図3に示した動画比較画面により、自分の作業動作を確認することができ、模範との比較によって客観的に評価ができることである。このとき、何度でも繰り返し再生して確認することができる。2つ目は、一人一人の作業を動画で比較できるため、完全な個人別の学習教材となることである。また、動画をキャプチャする時に、撮影位置を変えることができるので、より比較しやすいロケーションを選定することができる。

このシステムを用いて授業を行った結果、鋸挽きの作業動作が改善されることが確認できているが、このシステムの問題点として、次のことが考えられる。比較する動画が模範と生徒それぞれ1画面ずつのため、比較できる要素が限定されることである。また、USBカメラの位置を変えて撮影することができるが、その度に動画キャプチャをしなければならず、再生の時にも目的の動画ファイルを選択しなおさなければならないので手間がかかることも問題点と考えられる。

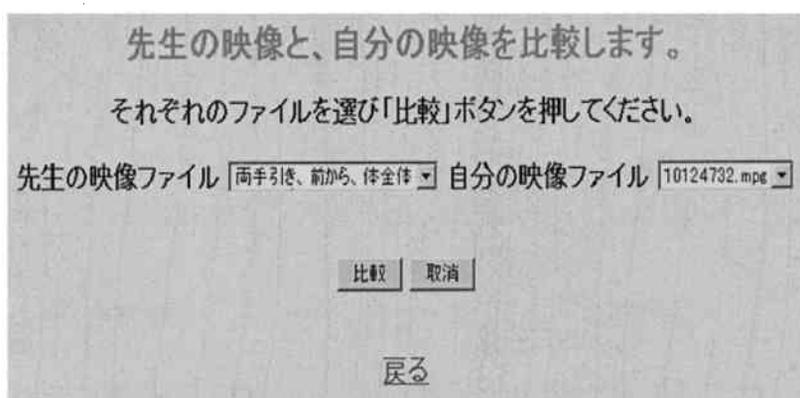


図2 動画選択画面



図3 動画比較画面

### 3. 多方向からの撮影動画の比較

同時には1つの動画キャプチャしかできない、同時には1つの動画しか比較できないという点を改善するために、複数のUSBカメラを用いて各映像を同時に動画キャプチャすることにした。しかし、USBカメラの画素数が30万画素でパソコンの接続端子がUSB2.0規格であっても、転送速度の制限から1台のパソコン

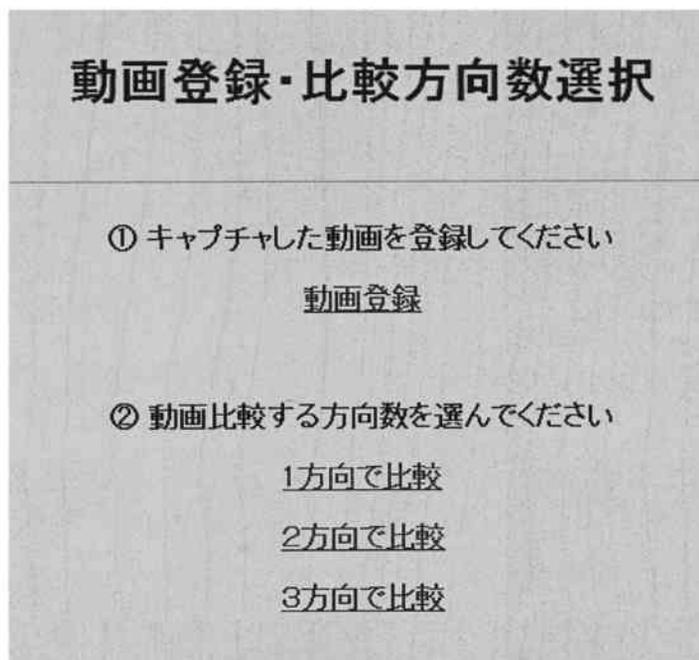


図4 動画比較トップ画面

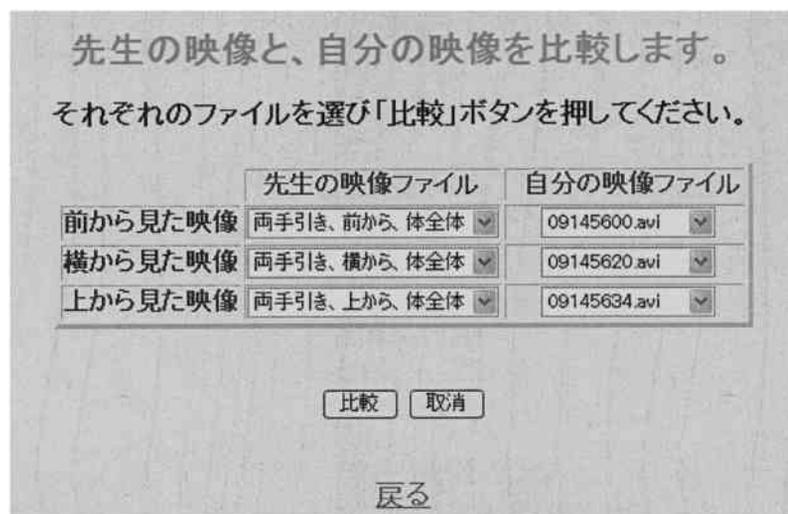


図5 3方向の動画選択画面

ンに USB カメラを2個接続するとフレーム数が低下し、3個接続するとパソコン画面に表示できなくなる場合があった。また、動画キャプチャソフト VideoViewer は、1台のパソコンで複数個同時に起動して撮影映像を複数個表示可能であったが、複数個の映像を同時に動画キャプチャすることはできなかった。そのため、1台のパソコンに1個の USB カメラを接続したものを3セット用意して、3台のパソコンを同時に操作することにした。パソコンで動画キャプチャをしておいて、これらをサーバに登録するためには、図4に示す動画比較トップ画面において[動画登録]をクリックする。そうすると図1に示した動画登録画面が表示されるので、登録者とタイトルを記入し登録したい動画ファイルを選択して[登録する]ボタンをクリックすれば、サーバにアップロードして登録することができる。登録する動画ファイルは3方向分あるので、動画比較する際には、図4の動画比較トップ画面において、比較する方向の数を1, 2, 3の中から選択できるようにしている。[1方向で比較]を選択した場合には、図2に示した動画選択画面が表示される。動画ファイルを選択して[比較]ボタンをクリックすると図3に示した動画比較画面が表示さ

れて、先に開発したシステムと同じ使い方ができるようにしてある。[3方向で比較]を選択した場合には、図5に示す3方向の動画選択画面が表示される。サーバにはあらかじめ模範となる3方向からの映像の動画ファイルを登録しているのので、その中から3個、比較したい自分の映像の動画ファイルをさらに3個、プルダウンメニューを用いてそれぞれ選択することができる。[比較]ボタンをクリックすると、図6に示すように、模範となる動画3画面と生徒の動画3画面が同時に表示されて比較が可能になる。

本システムによる利点を次に挙げる。まず、1つの動作の3方向から見た映像を同時に動画キャプチャすることができ、さらに3方向から見た映像の動画ファイルを時間軸がほとんどずれることなく同時に再生できるようになったことである。また、3方向から見た映像を同時に動画キャプチャすることにより、キャプチャの作業時間を短縮することができたことである。さらに、比較画面においても、従来の2画面による比較から6画面による比較に拡張したことで、比較できる要素が増し、生徒が自分自身の作業動作を振り返り、より改善点を発見しやすい環境になったことである。一方、比較画面の数を増やしたために、一つ一つの画面が小さくなってしまった。これは、大きなプロジェクターを用いるなどすれば解決できるので、あまり問題にはならないと考える。また、パソコンを複数台用いるため、動画キャプチャを自分一人で行うのが難しくなってしまうが、何人かの助けを借りれば同時動画キャプチャは可能である。このことから、「グループ活動を支援する教材」といえる。

複数の USB カメラを用いてそれらの映像を同時に動画キャプチャするようにしたことで、次の2つのことが確認できた。1つ目は、これまでの2画面だけの動画比較ではなく、6画面でも同時に表示できることが確認できたことである。使用したパソコンはクロック周波数3.4GHz、メモリ1GBである。図5の動画選択画面では、表示させる動画ファイルを機能的には自由に選択することができるので、模範動画だけでなくさまざまな動画比較に使用することができる。2つ目は、1台のパソコンで複数の映像を同時に動画キャプチャすることは今のところできていないが、パソコンを複数台用いることで多方向からの撮影映像を同時に動画キャプチャすることが可能なことが確認できたことである。同時に動画キャプチャすることの利点は、比較画面において自分の作業動画3画面をすべて同じ時間軸で比較確認できるということである。パソコンの性能によって左右されるが、使用したパソコンでは比較した動画はほとんど時間差なく表示され、自分の3方向から見た動画を連動して見ることができた。Windows Media Playerの各[再生]ボタンをクリックすれば、その動画だけを繰り返し再生することができ、Webブラウザの[更新]ボタンをクリックすると、6個の動画全てを繰り返し同時再生することができた。



図6 3方向からの動画比較画面

#### 4. 動画比較システムを用いた実証授業案

##### (1) 多方向からの実証

鋸挽き作業を動画比較することによって期待される生徒の気付きは、表1にまとめられる。このうち、“正面”から見た動画の比較についてのみ、鋸挽き作業の動作改善に効果のあることが確認されていることは、前に述べた通りである。しかし、“正面”以外の“側面”と“上”の方向から撮影した映像の動画比較については、どのように作業の改善に影響するのかという検証がなされていない。実際に、昨年中学校現場の教師の話聞いた中に、『“上”から撮影した動画を比較させたい』という意見があった。比較する撮影方向によってどのような作業改善が図れるのかの実証データを掴むことで、比較画面が1画面ずつであっても、生徒の状況にあった角度から撮影した動画で比較することによって、効率よく作業改善に役立てられる場合がないのか、検証する必要がある。

表1 動画比較により期待される生徒の気付き

撮影方向	挽き方	動画から期待される主な気付き
正面	片手	手足の位置と動き、手を使った固定の仕方 頭と鋸とけがき線の位置関係、挽き溝と鋸の関係
	両手	手足の位置と動き、足を使った固定の仕方 頭と鋸とけがき線の位置関係、挽き溝と鋸の関係
側面	片手	挽き込み角度、手足の位置と動き 刃渡り全体を使う、切断角度
	両手	挽き込み角度、手足の位置と動き 刃渡り全体を使う、切断角度、体全体の位置
上	片手	手足の位置と動き、手を使った固定の仕方 頭と鋸とけがき線の位置関係
	両手	手足の位置と動き、足を使った固定の仕方 頭と鋸とけがき線の位置関係

##### (2) 3方向からの実証

###### ①生徒の作業動画3画面、模範となる作業動画3画面

生徒の作業動画3画面と模範となる作業動画3画面の計6画面の作業動画を比較することで、どのように作業動作が改善されるのかを検証する必要がある。“正面”から見た動画だけの比較を行った場合と比較して、更なる改善効果が得られるのかどうか、別の方向から見た動画の比較が同時に行えることでどの程度の有効性が示されるのかを実証していく。

###### ②1人の生徒を取り上げた作業比較

生徒の作業動画を模範となる作業動画と比較することで改善点を発見し、作業の改善を図ることを目的としている。一方、このシステムをある生徒についての作業動作が改善されていく過程の記録として使用することも可能である。つまり、模範となる動画は本来教師が作業している動画であるが、そのかわりに作業をはじめて間もない時点での生徒の作業を動画で記録しておく。そうすることで、自分自身が前に作業していたときと比べてどのように成長しているか、自分の成長を客観的にみることができるようになる。

また、比較する動画が同じ生徒自身の動画であることによって、教師と生徒の比較では気付かなかった改善点にも気付く可能性があるかと期待される。そして、一人の生徒の成長の姿を全体にフィードバック

クすることにより、他の生徒のよい部分や比較動画の生徒自身が気付かなかった改善点を、他の生徒が気付かせることができる。その気付か合いは、他の生徒とのかかわりにつながり、お互いに作業動作を改善して成長していくことが期待される。

## 5. おわりに

生徒が自分の作業動作を模範の作業動作と比較して、自ら改善点に気付いて上達していくための動画比較システムを以前開発している。この動画比較システムでは1方向から見た動画でのみ比較できるようになっている。今回は、よりスムーズに動画比較を行って、生徒が自ら正しい作業を習得しやすくなるように、比較する動画を3方向分、模範画面を含めて合計6画面で動画比較を行えるように機能向上を図った動画比較システムを試作した。実証授業はこれからであるが、3方向から見た映像を同時に動画キャプチャ可能なこと、6個の異なる動画を同時に再生して比較可能なことが確認できた。

現状の課題として次の2点が挙げられる。1つ目は、作業動作をどの方向から撮影してキャプチャするかというロケーションの選定が必要なことである。今のところは、“正面”、“側面”、“上”の3方向を考えているが、いつでも変わらない距離感と角度の映像を動画でキャプチャできるようにするために、撮影ブースのようなものを作り、照明にも気を配ることが必要と考えている。2つ目は、生徒が動画比較システムを用いて作業動作を改善していったときに、どのように評価するのかの評価基準を決めておくことが必要なことである。作業する生徒が『鋸挽きしやすくなった』かどうかという主観的な観点だけでなく、客観的に作業の向上を評価するための評価手法と評価基準が必要である。今後は、以上の2点を予備調査と実証授業を通して検討し解決していきたい。本システムを用いた実証授業を行って、この動画比較システムの有効性について評価検討し、より使いやすい効果的なシステムを構築していきたい。

## 謝辞

本原稿を執筆するにあたり、ご指導ご協力を頂いた須坂市立常盤中学校安田貢教諭、動画のモデルになってもらった大学院生の西浦太一君、並びにたくさんのご意見を頂いた現職の技術科教諭の方々に深く感謝の意を表します。

## 参考文献

- 1) 安田貢, 西正明, “インターネットを活用した鋸挽き作業の自己確認教材の開発”, 日本産業技術教育学会誌, 第47巻, 第4号, pp. 273-280 (2006).
- 2) 中橋雄, 八重樫文, “課題遂行時間の可視化による「Web 動画教材」の評価システム”, 日本教育工学会論文誌, Vol. 30, (Suppl.), pp. 125-128 (2006).

(2008年5月15日 受理)