

## 切削加工の温度変化に着眼した安全教育用デジタルコンテンツの制作 -視線追跡による評価に焦点をあてて-

Development of Educational Digital Content with the Visualization of Temperature Change in  
Cutting Operations for Safety Education and Training  
- Focusing on an Evaluation using an Eye-tracking System-

島田 和典\*, 佐枝 佑哉\*\*, 島田 英昭\*\*\*, 中原 久志\*\*\*\*  
Kazunori SHIMADA, Yuya SAEDA, Hideaki SHIMADA, Hisashi NAKAHARA

\*東京学芸大学教育学部

Faculty of Education, Tokyo Gakugei University

\*\*大分大学大学院教育学研究科 (院生)

Graduate School of Education, Oita University (student)

\*\*\*信州大学教育学部

Faculty of Education, Shinsyu University

\*\*\*\*大分大学教育学部

Faculty of Education, Oita University

### 要 旨

本研究は、工業高校機械系学科の工作機械を取り扱う実習において、被削材の温度変化に着目し、熱による危険性の認識を高めるための視覚的な安全教育教材の開発を目的とした。先行研究により得られた映像素材を用いて、試行デジタルコンテンツを制作し、その評価を行いながら修正を図った。具体的には大学生12名を対象に、視線追跡装置(Tobii Pro X3-120, 非接触タイプ)による実験、及び実験後の質問紙・自由記述調査等を行った。実験にあたっては、直立ボール盤・高速切断機の作業について、サーモグラフィ映像の挿入・非挿入の試行デジタルコンテンツをそれぞれ作成した。実験から、作業時の映像と温度グラフ動画に加え、サーモグラフィ映像を同一画面に加えた場合、作業映像及び温度グラフ動画を見る回数・注視時間が有意に減ることが明らかとなった。すなわち、温度が可視化されたサーモグラフィ映像に興味・関心が向けられていることが明らかになった。一方で、視聴者の注意が分散する可能性も指摘された。被験者の自由記述からは、サーモグラフィ映像によって、温度変化が分かりやすいといった肯定的な意見が認められた。これらの結果を踏まえ、試行デジタルコンテンツの課題点を整理したうえで、改善を図り、安全教育用デジタルコンテンツの完成に至った。

キーワード：工業高校、安全教育、工作機械、被削材温度の可視化

### 1 はじめに

本研究は、工業高校機械系学科の工作機械を扱う実習において、熱による危険性の認識を高めるための視覚的な安全教育用デジタルコンテンツの開発を目的とする。

#### 1.1 労働災害と安全教育の現状

労働災害は、労働中に起こった事故等を指し、その原因として作業者の不安全な行動、設備等の不安全な

状態、安全管理上の不備等があげられる。厚生労働省による「労働災害原因要素の分析(平成22年)」では、労働者の不安全な行動に起因する労働災害が発生原因全体のうち97.6%に上ることを示している<sup>1)</sup>。したがって、災害発生のほとんどが不安全行動による、いわゆる人的要因に関係しており、その背後には、事業者及び作業者の安全意識の欠如、安全教育の不十分さ等が原因として考えられる。

我が国では、労働災害により労働者が死亡または

休業した場合に、労働者死傷病報告を労働基準監督署長に提出することが労働基準法施行規則により定められている。中央労働災害防止協会は、これらのデータを整理し、公開している<sup>2)</sup>。それによると、例えば製造業では、事故の型別発生状況(平成29年)として、「はさまれ・巻き込まれ(7159件)」が最も多く、次いで「転倒(5088件)」、「墜落・転落(2842件)」、「切れ・こすれ(2523件)」と続いている。また製造業の中でも鉄鋼業に焦点をあてると、「はさまれ・巻き込まれ(200件)」は製造業全体の傾向と同様に最も多い一方、次いで「飛来・落下(105件)」、「墜落・転落(66件)」、「高温・低温の物との接触(56件)」と続いており、業種(日本標準産業分類による中分類)によって事故の型の傾向が異なる状況となっている。

このような現状に対し、労働基準法や労働安全衛生法等の関係法令では、労働者の管理や特定の作業に対する特別教育講習の受講等、様々な側面から作業者の安全を確保することが定められている。また企業内においても、工場での5S活動や指差し確認の徹底、定期的な安全に関する検討会議の実施等、様々な角度から作業者に対する安全教育が行われている。これらの成果として、先の労働者死傷病報告の年別件数に着眼すると、製造業全体として、平成23年が28872件であったのに対し、平成24年には28291件と減少し、最近のデータである平成28年は26454件と、わずかながらも減少傾向にある現状である。

## 1.2 教育機関における災害と安全教育の現状

一方、将来の技術者育成を担う工業高校に視点を移す。工業高校の実習(実技系の科目を含む)は、様々な作業に対し、初めて体験する生徒全員に指導する必要がある。指導者側の安全行動のみでは、防ぎきれない事故・災害が起きることがある。兵庫県の「平成27年度事故災害調査(機械系部会)<sup>3)</sup>」では、同県内の工業高校機械系学科の実習中の負傷件数は137件と報告されている。要因として、「年少時の経験不足等により工具等の取り扱いや危険に対する意識の浅さ」を指摘し、生徒への安全意識の向上を目標とした教育に力を入れている。なお、「負傷の種別」では、切傷(70件、全体の51.1%)が最も多く、次いで火傷(31件、全体の22.6%)となっている。

高等学校学習指導要領解説工業編(2010)<sup>4)</sup>では、その総説に「安全」の文言がしばしば用いられている他、「工業技術基礎」、「実習」、「機械工作」等の多くの教科工業の科目において「安全」が取りあげられている。特に「機械工作」では、災害の防止や安全管理といった、実際に労働現場を想定した内容を含んでいる点に特徴がみられる。このような現状の中、工業高校の実習における安全教育について、例えば、大阪府教育センターでは、工業の実習における安全教育の手引き<sup>5)</sup>を作成している。同文献では機械分野での工作機械を取り扱う実習に対し、作業初心者並びに作業経験者への安全教育指導、危険行為・作業内容の注意点を指摘している。また実際に多くの工業高校では、工作機械の作業を伴う実習の場合、その開始時に一定の時間を割いて安全教育を実施している。しかしながら、先の兵庫県の報告のように、少なからず事故が起こっている現状がある。

## 1.3 熱に着眼した安全教育の先行研究と本研究の論点

熱による材料や工作機械の温度変化に着目し、危険性の認識に焦点をあてた研究は、温度変化の可視化という視点から研究が行われている。筆者ら(2015)は、安全教育に繋がる知見を得るため、教育現場の工作機械を用いた切削加工実習等の場面において、加工時に被削材に発生する熱による温度変化の可視化を試みている<sup>6)</sup>。熱の発生状況の可視化にはサーモグラフィカメラ(FLIR Systems Inc.製)を使用し、ビデオカメラと共に加工時の画像及び映像を記録した。その結果、同研究の条件下において、旋盤での切削加工時に被削材及び切屑が500°C近くまで上昇することや、溶断作業では1200°C程度で切断された金属材料が、約700°Cを下回った段階で目視では常温の状態と同様である等の現象を確認することができた。これらのことから、切削加工時等に発生する火傷の災害対策への有用な知見を得ることができたとしている。

同論文では、切削加工における被削材の熱の温度変化について、汎用旋盤では、切削時に熱量が発生し、その大部分(70~80%)は、切りくずと共に被削材から離れるため、火傷による災害という視点では、切りくずの危険性を認識しなければならないとしている。また、被削物及びバイトの先端部は、600°C以上にまで上昇する場合があることから、切削終了直後の被削物

への安易な接触による危険性についても十分注意しなければならない。このように切削加工で発生する熱量によって、被削材の温度が火傷するレベルまで上昇することは経験的に明らかであるが、切削加工の経験が未熟な者にとっては理解しがたい一面がある。実際に、鉄鋼業では主に高温物との接触による火傷と考えられる「高温・低温の物との接触」事故が4番目に多く、上述<sup>3)</sup>の教育現場の事故事例においても、火傷は切傷に次いで多いという報告がなされている。火傷の災害を未然に防ぐ対策としては、安全意識の向上が重要であり、そのために、普段目視では確認できない温度の可視化によって、実際に高温であることを認識することは、1つの有効な手立てであると考えられる。

工作機械の使用は、加工精度や安全面から、その機械の特性を十分に理解し、高度な技能を有した熟練技術者が作業にあたるのが基本である。しかしながら上述の通り、教育現場では初心者(生徒)が機械を扱う場面が多い。技能習得を目的とした場合、加工精度は段階的に求められていくものであっても、安全面への配慮は機械を扱う上での前提となる重要項目である。

先行研究<sup>6)</sup>では、各工作機械における実際映像、サーモグラフィの映像等について、被削材並びに工作機械の温度変化の特徴や温度変化に基づく映像の検討が示されている。本研究ではこの研究に続き、安全教育教材のデジタルコンテンツの制作を目的とする。その際、先行研究で得られたビデオカメラによる作業映像、サーモグラフィによる映像に加え、温度変化が確認できるグラフの動画を作成し、それらの提示方法(構成)の検討、デジタルコンテンツの有用性の検討に焦点をあてる。

## 2 方法

### 2.1 デジタルコンテンツの構成の検討

デジタルコンテンツの制作にあたって、筆者らの先行研究によって得られた映像素材のうち、教育現場において比較的使用頻度の高い点を考慮して直立ボール盤、高速切断機の作業映像及びサーモグラフィ映像を扱うこととした。また筆者らの経験や感覚を基に以下の議論を経て、3つの素材(作業映像、サーモグラフィ映像、温度グラフ動画)を1画面に表示させる構成によってデジタルコンテンツを制作することとした。

上述の議論の通り、本研究では初心作業(高校生を想定)が、切削加工時の温度変化を適切に理解し、熱による危険性の認識を高めることを目的とする。その

ために、実際の作業映像と共にサーモグラフィによる可視化された温度変化の映像の提示が有効であると判断した。サーモグラフィ映像は近年さまざまな場面で活用されており、最近では建物や道路の温度状況を伝えるために、テレビでも目にする機会が多い。一方、工業という学びの観点から、単純な被削材の温度上昇を認識させるだけでなく、経時的な温度変化の理解も促せるような動画を加えることとした。サーモグラフィ映像では、色による変化によってその瞬間の温度の把握が可能であるが、作業時間と共に徐々にあるいは急激に変化する経時的な温度変化は把握しにくい。そこで、作業時間と温度データをプロットしたグラフを作成し、温度グラフに沿ってポイントが作業映像と同期して動く動画(以下、温度グラフ動画とする)についても素材として準備した。

本研究では、上記の3つの素材の配置についても筆者らによって検討し、図1に示す構成とした。作業映像は画面全体に表示し、その作業が確認できる状態を維持しつつ、画面右上にサーモグラフィ映像(以下、サーモ映像とする)、右下に温度グラフ動画が流れるよう設定した。なお、直立ボール盤は約38秒、高速切断機は約40秒の作業映像となっている。

### 2.2 制作する試行デジタルコンテンツの評価

上述の構成で制作した試行デジタルコンテンツについて、サーモ映像による効果を確認するため、(a)1つの画面内に表示されたサーモ映像に視線が向けられているか(見ているか)、(b)その映像を見たうえで危険性が伝わっているかについて評価を行う。評価を行う被験者は教育学部の大学生12名(技術教育、工業教育等を専攻していない、普段から映像教材の工作機械と触れる機会が少ないと考えられる者)とした。

サーモ映像の挿入・非挿入(以下、サーモ映像有、

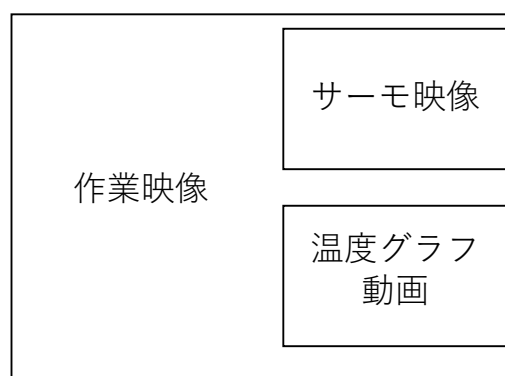


図1 試行デジタルコンテンツの各映像の配置

サーモ映像無と表記する)の2つの試行デジタルコンテンツを作成し、被験者は両方の映像を視聴する。その際、(a)は視線追跡装置(Tobii Pro X3-120, 非接触タイプ)により注視する位置や注視回数、注視時間の計測によって評価し、(b)はサーモ映像の効果について質問紙により評価を行った。質問の内容を表1に示す。質問項目①は「温度変化のわかりやすさ」、②、③は「安全意識の高まり」、④は「映像の見やすさ」について問う内容とし、合計4つの試行デジタルコンテンツを視聴後に回答するよう設定した。

なお、実験に要する時間は1名あたり20分程度を想定し、実験にあたっては、実験の流れ、実験の内容(映像構成、サーモグラフィの説明等)、及び諸注意等を被験者に説明したうえで、実験協力の同意を得て行っている。

### 3 結果と考察

#### 3.1 被験者の状況及びコンテンツ上のサーモグラフィ映像の有用性を確認する評価

サーモ映像の有用性を確認する目的で、S大学に所属する学生12名を対象に、視線追跡装置(Tobii Pro X3-120, 非接触タイプ)による実験、及び実験後の質問紙及び自由記述調査を行った。実験にあたって、サーモ映像有、サーモ映像無の試行コンテンツを直立ボール盤・高速切断機の作業それぞれ2パターン作成した(図2, 3, 高速切断機の例)。映像にある工作機械の使用経験について、ボール盤は12名中5名が、高速切断機は12名中2名が使用経験有と回答している。

使用した視線追跡装置は、被験者に対して非接触で実験を行うことができる点に特徴があり、モニタ上の視線の動きを測定することが可能である。非接触とは、被験者にゴーグル等の装置を何も装着しない状態を

表1 サーマ映像の効果を検討する質問項目

<p>①サーモグラフィカメラの映像の有無を比較して、どちらの方が温度変化がわかりやすいと思いますか。当てはまる選択肢の記号a～eのいずれかに○をつけてください。</p> <p>a. サーマグラフィカメラの映像があった方が温度変化がわかりやすい。                      b. どちらかと言えば、サーモグラフィカメラの映像があった方が温度変化がわかりやすい。                      c. どちらとも言えない。                      d. どちらかと言えば、サーモグラフィカメラの映像がない方が温度変化がわかりやすい。                      e. サーマグラフィカメラの映像がない方が温度変化がわかりやすい。</p>
<p>②サーモグラフィカメラの映像の有無を比較して、どちらの方が安全意識が高まると思いますか。当てはまる選択肢の記号a～eのいずれかに○をつけてください。</p> <p>a. サーマグラフィカメラの映像があった方が安全意識が高まる。                      b. どちらかと言えば、サーモグラフィカメラの映像があった方が安全意識が高まる。                      c. どちらとも言えない。                      d. どちらかと言えば、サーモグラフィカメラの映像がない方が安全意識が高まる。                      e. サーマグラフィカメラの映像がない方が安全意識が高まる。</p>
<p>③温度変化グラフの映像は、安全意識を高めるために役立つと思いますか。当てはまる選択肢の記号a～eのいずれかに○をつけてください。</p> <p>a. 温度変化グラフの映像があった方が役立つ。                      b. どちらかと言えば、温度変化グラフの映像があった方が役立つ。                      c. どちらとも言えない。                      d. どちらかと言えば、温度変化グラフの映像がない方が役立つ。                      e. 温度変化グラフの映像がない方が役立つ。</p>
<p>④サーモグラフィカメラの映像と温度変化グラフの映像の組み合わせと見やすさについて、当てはまる選択肢の記号a～dのいずれかに○をつけてください。</p> <p>a. 2つの映像を一緒に提示した方が見やすい。                      b. サーマグラフィカメラの映像を無くして、温度変化グラフの映像のみにした方が見やすい。                      c. 温度変化グラフの映像を無くして、サーモグラフィカメラの映像のみにした方が見やすい。                      d. 2つの映像をどちらも無くした方が見やすい。</p>

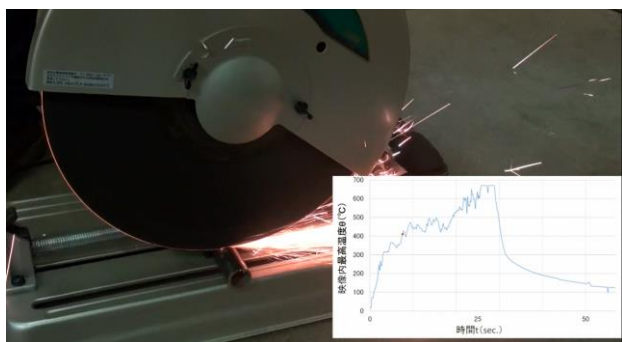


図2 高速切断機コンテンツ(サーモ映像無)

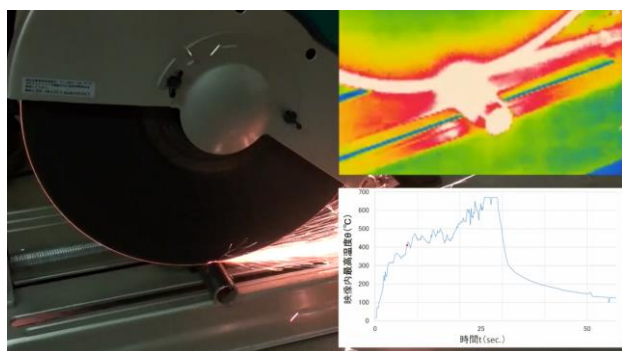


図3 高速切断機コンテンツ(サーモ映像有)

意味しており、被験者は通常の状態で見ることができ、本装置の場合、モニタ下に装置を設置し、センサーにより被験者の目の動きを認識するものである。ただし、計測前に視線の位置を確認するキャリブレーションを行うことが必要で、計測できる視線の範囲はモニタ内に限定される。これにより、映像を見ている被験者の視線が確認できるほか、注視したポイントでの時間等の確認も可能である。本実験では、解析ソフトウェアによって、2つの素材エリアの注視回数、注視時間について出力し、検討することとした。

一方、実験後の被験者にサーモ映像の有用性や安全意識向上への寄与等を問う質問紙及び自由記述式の調査を実施し、映像に対する意見を求めた。

#### (1) 視線追跡装置による実験の結果

図4に示す各映像素材の表示されているエリアを、それぞれ作業映像、サーモ映像、温度グラフ動画エリアと設定し、そのエリアにおける一人当たりの注視回数及び注視時間を集計した。その結果を表2~5に示す。なお、作業映像エリア及び温度グラフ動画エリアにおけるサーモ映像の有無による注視回数と注視時間の差異を検討するため、t検定を実施している。表のサーモ映像無におけるサーモ映像の数値は、サーモ映像有の場合のサーモ映像エリアを意味しており、実際には作業映像を注視している回数及び注視時間と捉え

てよいが、適切に比較するために作業映像へ加える等の処理はしていない。

表2の直立ボール盤における一人当たりの注視回数に着目すると、t検定の結果から明らかなように、サーモ映像無のほうが、作業映像、温度グラフ動画を見る回数が有意に多いことが認められた。また、サーモ映像有の場合、サーモグラフィ映像を注視する回数の割合が他のエリアに比べて高いことが認められた。これは表3の高速切断機においても同様の傾向である。表4及び表5の注視時間においても、サーモ映像無のほうが、作業映像、温度グラフ動画を注視する時間が有意に多いことが認められた。一方、サーモ映像有の場合のみに着目すると、ボール盤のほうが高速切断機に比べてサーモ映像を注視する回数の多い傾向であることが読み取れ、逆に、温度グラフ動画は高速切断機のほうが多い傾向であることが読み取れた(表2及び表3の上段)。表4及び表5についても同様の傾向が読み取れる。これらのことから、扱う工作機械によって、サーモ映像や温度グラフ動画を見る割合に変化をもたらす可能性があり、その理由としては、作業時の温度グラフ動画の変化の大きさ、作業映像の違い(火花の有、無による)が影響しているものと考えられる。

#### (2) 質問紙及び自由記述調査結果

実験後の被験者にサーモ映像の有用性や安全意識向上への寄与等を問う質問紙及び自由記述式の調査を実施した。

その結果、質問項目「①サーモグラフィカメラの映像の有無を比較して、どちらのほうが温度変化がわかりやすいと思いますか。」に対しては、a. あった方が分かりやすい(10名)、b. どちらかと言えばあった方が分かりやすい(2名)、という肯定的な回答が12名中12名であった。「②サーモグラフィカメラの映像の有無を比較して、どちらの方が安全意識が高まると思いますか。」に対しては、a. あった方が安全意識が高まる(6名)、b. どちらかと言えばあった方が安全意識が高まる(5名)、と肯定的な回答が12名中11名であった。また「③温度変化グラフの映像は、安全意識を高めるために役立つと思いますか。」に対しては、a. あった方が役立つ(5名)、b. どちらかと言えばあったほうが役立つ(6名)、と肯定的な回答が12名中11名であった。一方、「④サーモグラフィカメラの映像と温度変化グラフの映像の組み合わせと見やすさについて、当てはまる・・・に○をつけてください。」に対しては、a. 2つの映像を一緒に提示した方が見やすい(3名)、b. サーモ

グラフィカカメラの映像を無くして、温度変化グラフの映像のみにした方が見やすい(2名)、c. 温度変化グラフの映像を無くして、サーモグラフィカメラの映像のみにした方が見やすい(7名)と、意見が分かれる結果となった。

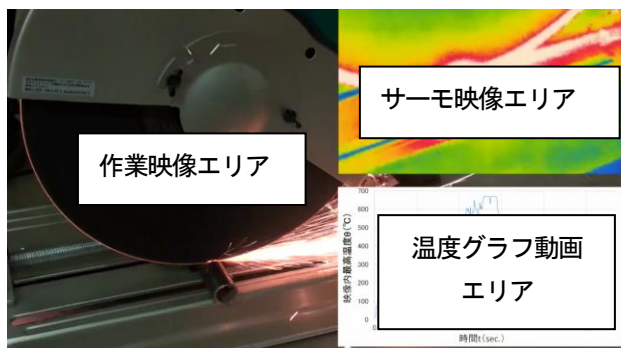


図4 視線注視エリアの設定

表2 ボール盤の一人当たりの注視回数

	作業映像	温度グラフ	サーモ映像
サーモ映像有	35.08	12.25	47.00
サーモ映像無	65.67	17.50	3.50
t検定	t(11)=5.03**	t(11)=3.63**	-
N=12			**p<0.01

表3 高速切断機の一人当たりの注視回数

	作業映像	温度グラフ	サーモ映像
サーモ映像有	34.08	21.67	42.17
サーモ映像無	42.00	36.92	3.92
t検定	t(11)=2.62*	t(11)=2.35*	-
N=12			*p<0.05

表4 ボール盤の一人当たりの注視時間 (s)

	作業映像	温度グラフ	サーモ映像
サーモ映像有	9.62	2.57	13.14
サーモ映像無	20.00	4.43	0.87
t検定	t(11)=4.86**	t(11)=3.34**	-
N=12			**p<0.01

表5 高速切断機の一人当たりの注視時間 (s)

	作業映像	温度グラフ	サーモ映像
サーモ映像有	9.67	6.31	11.78
サーモ映像無	16.86	11.15	0.84
t検定	t(11)=3.97**	t(11)=2.90*	-
N=12			**p<0.01, *p<0.05

また、自由記述からは、「温度変化の認識が高まった」、「サーモグラフィ映像に加えてグラフがあって、より温度変化が分かりやすい」といったように肯定的な意見があった一方、「グラフまで見る余裕がない」、「情報量が多い」といった3つの素材を同時に見ることの困難さを示した記述が認められた。

### 3.2 考察及びコンテンツの修正の検討

視線追跡装置による実験から、作業内容によって3つの映像素材を見る割合に若干の違いはあるものの、サーモ映像があることによって、作業映像及び温度グラフ動画を見る回数・注視時間が減ることは共通点として明らかとなった。サーモ映像は温度の可視化を色の変化によって表現しており、通常の作業映像からは読み取ることのできない可視化された温度変化の映像に注意を向ける回数や注視時間が増えることは、興味・関心が向けられていることに加え、それによって発生する熱に対する意識を高めることが期待できる。しかしながら一方で、1つの画面に表示する性質上、視聴者の注意が分散する可能性も考えられ、この点は課題として検討する必要がある。

被験者の質問紙調査からは、質問項目①において「温度変化のわかりやすさ」という観点から、サーモ映像の有用性が確認された。②、③においては、「安全意識の高まり」という観点から、サーモ映像の有用性に加え、温度変化グラフの有用性についても確認された。これらのことから、サーモ映像があることによって、切削時の温度変化の理解を促すのと同時に、熱に対する安全への意識も高まる可能性が認められ、温度変化のグラフについても安全意識の高まりに必要とされることが認められた。一方、質問項目④の結果から明らかなように、映像そのものの「見やすさ」という観点からは、1画面に作業映像とサーモ映像のみのほうが見やすいという回答者が多い結果となった。制作したデジタルコンテンツによって、「安全意識を高める」は概ね達成されている一方、その「見やすさ」については課題が残っている。

3つの素材を同時に見ることの困難さについて、温度グラフ動画の必要性を検討した。温度グラフ動画を非挿入とした場合、2つの映像素材になるため、情報量の多さによる見ることへの困難さはある程度解消されるものと考えられる。しかしながら、上記の質問項目②、③から、安全意識を高めるためには

サーモ映像と共に温度変化グラフの必要性が指摘でき、質問項目④の「見やすさ」の結果を加味すると、映像そのものの「見やすさ」の代わりに、「安全意識を高める」ことに寄与する効果があると言える。また冒頭で述べた通り、工業という学びを展開する工業高校において、温度の適切な変化を感覚だけでなく数値でとらえ、さらにその温度の経時的変化も視覚的に確認する意味で重要な要素であると判断した。これは、適切な知識に基づいた安全意識の形成という視点からも重要である。さらに、本デジタルコンテンツの対象者は、工業高校生を中心に、理工系の専門学校生や大学生等においてもその作業の初心者に対して利用可能であると考えられ、工学という専門性を学ぶ者として、その温度変化を適切に捉える意味で重要であると考えられる。

本実験において、このデジタルコンテンツの3つの素材を同時に見ることの困難さを感じる要因の1つとしては、加工作業自体の把握がそもそも不十分であったことがあげられる。使用経験の有無については、ボール盤は被験者12名中7名が未経験、高速切断機については12名中10名が未経験であった。この調査のみでは、普段の使用経験までは明らかにできないが、少なくとも半数以上は未経験者であった。したがって、まずは作業自体を理解した上での視聴によって、この困難さが軽減されることが考えられる。検討の結果、作業映像のみを1度提示し、次に作業映像に加えてサーモの映像、温度グラフ動画を同期した映像を提示する構成とした。これに伴い、これから「作業映像」のみが始まるといったことが分かりやすいよう、活字による提示を挿入した。

### 3.3 安全教育用デジタルコンテンツの完成

試行的に制作された切削加工時の熱を認識するためのデジタルコンテンツについて、大学生12名の実験を経て、コンテンツの完成に至った。

完成したデジタルコンテンツの概要はまず作業映像のみを提示し、視聴者がどのような加工であるかの理解を図り、次に同じ作業映像に加えて、切削加工が開始される瞬間からサーモの映像、温度グラフ動画を同期した映像を提示する構成とした(図5参照)。直立ボール盤は約79秒、高速切断機は約107秒のデジタルコンテンツとなっている。

## 4 まとめと今後の課題

本研究は、工作機械を扱う実習において、熱による危険性の認識を高めるための視覚的な安全教育用デジタルコンテンツの開発を行った。

先行研究により得られた映像素材を用いて、試行コンテンツを作成し、視線追跡装置等を用いて、コンテンツの見やすさやその有用性を確認する実験、調査を行った。その結果から、試行教材の課題点を整理し、改善を図り、安全教育用デジタルコンテンツの完成に至った。

今後は、教育現場での実践を交えて検討する必要がある。また、熱に注意すべき他の作業についても、同様のものが作成できるか検討し、作業内容によって注視する3つの映像素材に変化がみられるかについてさらに検討したい。これらを今後の課題とする。

## 謝 辞

本研究の遂行にあたり、実験に協力いただいた大学生に対し、心よりお礼申し上げます。また本研究

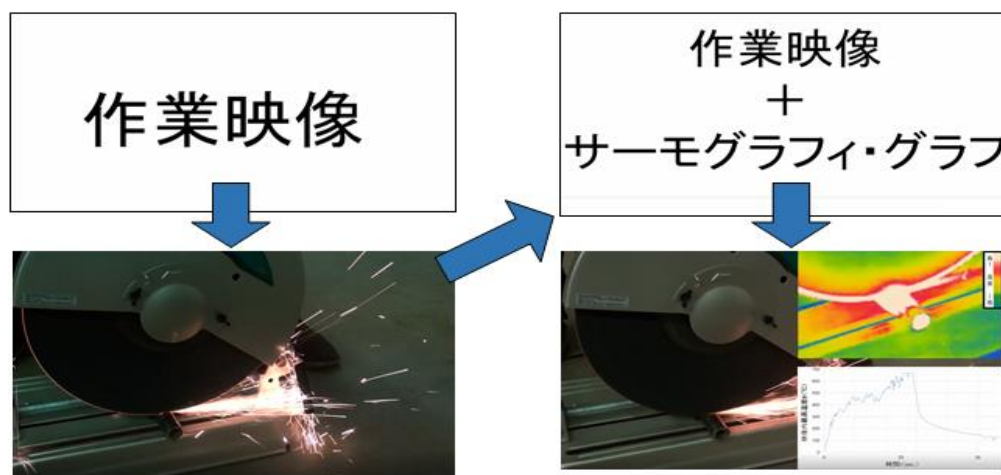


図5 制作した安全教育用デジタルコンテンツの構成 (高速切断機)

は科研費 16H03798 及び 16H03073 の助成を受け、遂行したことを付記する。

## 文 献

- 1) 厚生労働省, 職場のあんぜんサイト 労働災害減員要素の分析, 2010  
<http://anzeninfo.mhlw.go.jp/user/anzen/tok/bnsk00-h22.html> (最終閲覧: 2018年8月30日)
- 2) 中央労働災害防止協会, 労働災害分析データ, 2018  
<http://www.jisha.or.jp/info/bunsekidata> (最終閲覧: 2018年8月30日)
- 3) 兵庫県高等学校教育研究会工業部会機械系部会, 工業高等学校(機械系学科) 実習における平成27年度事故災害調査結果について, 調査研究集録2016, pp.2-3, 2016
- 4) 文部科学省: 高等学校学習指導要領解説工業編, 2010
- 5) 大阪府教育センター, 農業・工業の実習における安全教育の手引き, 研究報告集録第128-05, 2013
- 6) 島田和典, 機械工作(切削加工)における被削材温度の可視化-安全教育に繋がる基礎的研究-, 大分大学教育福祉科学部紀要第36巻第2号, pp.167-178, 2015

## Development of Educational Digital Content with the Visualization of Temperature Change in Cutting Operations for Safety Education and Training - Focusing on an Evaluation using an Eye-tracking System-

Kazunori SHIMADA\*, Yuya SAEDA\*\*, Hideaki SHIMADA\*\*\*, Hisashi NAKAHARA\*\*\*\*

\*Faculty of Education, Tokyo Gakugei University

\*\*Graduate School of Education, Oita University (student)

\*\*\*Faculty of Education, Shinsyu University

\*\*\*\*Faculty of Education, Oita University

## SUMMARY

The purpose of this study is to develop learning material for safety management on cutting and processing for students at a technical high school. Focusing on temperature changes of work cutting materials, this investigation was designed to examine educational materials to enhance the safety consciousness of the students during a practical training course dealing with machine tools. Digital contents of a trial version were produced based on the video materials obtained in the prior study. Assessment and modifications were performed through experiments using an eye-tracking system along with surveys and free writing after the experiments. The research participants were twelve university students. Two types of digital contents were produced for operation processes of upright drilling machine and a high-speed cutting machine; one contained thermographic images and the other did not. This investigation clarified that frequency and observing time for the operation and the temperature graph were significantly decreased when the digital contents were shown on the same screen, including thermographic images in addition to a video of the operation and a temperature graph. That is to say, the results of this experiment suggested that the students were interested in, or paid attention to, the visualization of temperature changes of the thermography video. These results also suggested the possibility of distraction of the viewer's attention. Free writing surveys of research participants showed affirmative opinions that the additional information of thermography facilitated the understanding of temperature changes. Through the assessment of these results, we identified the problems with the digital contents of the trial version, improved the contents of the learning material and achieved the completion of digital content for safety education.

Keywords: technical high schools, safety education, machine tools, visualization of temperature change