

2ch 映像の同期編集機能の特徴とする デジタルコンテンツ制作ツールとその評価

峯慎吾[†] 阿倍博信[†] 川浦健央[†] 中島宏一[†] 奥村誠司[†] 國澤理人[†]

団塊世代の大量退職による労働者不足への対策や、国内生産拠点の海外移転による現地技術者への教育の必要性増加などを背景に、製造現場では、熟練技術者の保有する技術やノウハウを、他の技術者に伝える技能継承が重要な課題となっている。従来、技能継承のための教育はドキュメント教材によって行われていたが、技能が伝わりづらいという問題があった。その解決策の1つとして、映像・音声・テキストなどを含むデジタルコンテンツを活用する技能教育がある。しかし、ビデオ教材などの単純なデジタルコンテンツでは、製造現場における熟練技術者の複雑な技能を表現できない。そこで、我々は、2ch 映像の同期編集機能の特徴とするデジタルコンテンツ制作ツールを開発している。本開発では、制作作業の簡易化と多彩なメディア活用を設計指針とし、マウス中心の簡単操作で2ch 映像を同期編集する機能などを開発した。本ツールを、社内の製造現場 10 拠点で利用してもらい、製造現場の技能教育に有効であることを確認した。本ツールは、技能継承用途だけでなく、海外での教育や、新人研修、日々の作業マニュアルなどの用途で、広く利用されている。

A Digital Content Authoring Tool that Features Synchronous Authoring of 2ch Videos and Its Evaluation

SHINGO MINE[†] HIRONOBU ABE[†] TAKEO KAWAURA[†]
KOICHI NAKASHIMA[†] SEIJI OKUMURA[†] MASATO KUNISAWA[†]

1. はじめに

団塊世代の大量退職による労働者不足への対策や、国内生産拠点の海外移転による現地技術者への教育の必要性増加などを背景に、製造現場では、熟練技術者の保有する技術やノウハウを、他の技術者に伝える技能継承が重要な課題となっている。従来、技能継承のための教育はドキュメント教材によって行われていたが、技能が伝わりづらいという問題があった。その解決策の1つとして、映像・音声・テキストなどを含むデジタルコンテンツを活用する技能教育がある[1]。しかし、ビデオ教材などの単純なデジタルコンテンツでは、製造現場における熟練技術者の複雑な技能を表現できない。また、デジタルコンテンツ制作は、ドキュメントやビデオ教材の制作に比べて、制作負荷や難易度が高く、パソコン操作に不慣れた製造現場の担当者にとって敷居が高い。また、デジタルコンテンツの制作を外部業者に委託すると、費用が高くなり、情報漏えいの危険も伴う。そのため、熟練技術者の複雑な技能を表現でき、製造現場の担当者でも、簡単にデジタルコンテンツを制作できるソリューションが求められている。

簡単にデジタルコンテンツを制作する関連研究として、大学などの教育現場向けに、市村らによって、講師動画と板書静止画の2chを表示可能なデジタルコンテ

ツを制作するシステムの研究が行われている[2]。また、国枝らによって、講師動画と講義で用いる Microsoft 社製 PowerPoint (以降 PPT) のスライドの2chを表示可能なデジタルコンテンツを制作するツールの研究が行われている[3]。しかし、上記のような、教育現場向けの研究は、動きの少ない講師映像と、板書やPPTのスライドなどの静止画を対象としているため、制作は簡単であるものの、製造現場における熟練技術者の複雑な技能を表現することが困難である。

これら背景・課題から、我々は、製造現場における熟練技術者の複雑な技能を表現するには、手元と遠景の映像や、熟練技術者と若手技術者の映像など、2ch 映像を活用することが必要であると考え、2ch 映像の同期編集機能の特徴とするデジタルコンテンツ制作ツールを開発している。

本開発では、制作作業の簡易化と多彩なメディア活用を設計指針として設定し、マウス中心の簡単操作で2ch 映像を同期編集する機能などを開発した。また、本ツールを、社内の製造現場 10 拠点で利用してもらい、アンケート評価を実施し、製造現場の技能教育に有効であることを確認した。

本稿の流れを簡単に述べる。まず、2章で製造現場における技能教育の課題について述べる。3章で関連研究、4章でデジタルコンテンツ制作ツール、5章で評価、6章で製造現場への展開事例、7章で結論と今後の展開について述べる。

[†] 三菱電機(株)
Mitsubishi Electric Corporation

2. 製造現場における技能教育の課題

本章では、社内の製造現場へのヒアリング結果を基に、製造現場での技能教育における教育教材の意義について述べ、教育教材活用の流れ、教育教材活用の課題について述べる。

2.1 技能教育における教育教材の意義

一般的に、製造現場での技能教育として OJT（オン・ザ・ジョブ・トレーニング）が行われている。OJT の場合、若手技術者が身につけなければならない技能を、現場の上司が実際に作業し、若手技術者と試行錯誤を繰り返しながら伝えていく方法がとられる。

しかし、OJT による技能教育だけでは以下の課題がある。

- ・ 教育に時間がかかる
- ・ 教育担当者の負荷が大きい
- ・ 個々の熟練技術者が直接指導するため、継承すべき技能にバラツキが生じる
- ・ 通常の生産活動に影響するため、極力 OJT を避ける必要がある
- ・ 長工期の製品では、教育時に現物を提示することが困難であり、OJT の効率が悪い

そのため、製造現場では、技能教育をシステム化し、スムーズに進めていくために、技能の形式知化・デジタル化が図られている。具体的には、テキストや写真、図面、ビデオなどを用いて教育教材を制作し、技能教育に活用している。

2.2 教育教材活用の流れ

図 1 に一般的な教育教材活用の流れを示す。

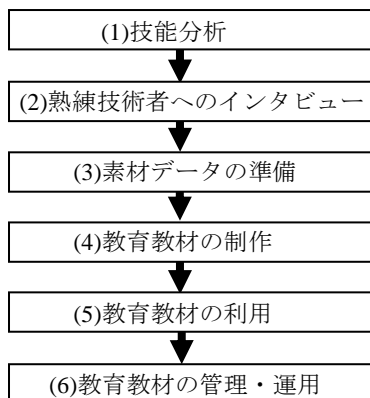


図 1 教育教材活用の流れ

Figure 1 The flow of teaching materials utilized.

(1) 技能分析

対象とする作業の作業手順書を工程単位に分割し、学習者の視点に立って技能分析を行う。技能分析を行う際には、工程、主な作業内容、具体的な行動、行動のポイント・判

断基準・数量化などについてリストアップする。

(2) 熟練技術者へのインタビュー

(1) の分析結果を基に、熟練技術者へのインタビューを実施する。各工程の行動ごとに、「なぜそうしたか」を問うことにより、熟練技術者の持つカン・コツをテキスト化する。

(3) 素材データの準備

(1) の分析結果を元に工程ごとに熟練技術者の作業をデジタルカメラやビデオカメラ、録音機器などで記録し、撮影した画像や映像、音声データを素材データとして準備する。

(4) 教育教材の制作

(1) の分析結果を元に、制作する教育教材の全体設計を行い、(2) のインタビュー結果や (3) の素材データを用いて教育教材の制作を行う。

(5) 教育教材の利用

(4) で制作した教育教材を、学習者が利用する。

(6) 教育教材の管理・運用

(4) で制作した教育教材を管理・運用する。

2.3 教育教材活用の課題

2.2 で述べた教育教材活用の流れのうち、本稿では、(4) 教育教材の制作、(5) 教育教材の利用に着目し、教育教材活用の課題を整理する。教育教材の制作、利用に着目した理由は、我々が専門とするマルチメディア技術を活用して、技能継承の効率化を支援できる可能性が高いためである。

まず、社内の製造現場に、技能教育に活用している教育教材の種類についてヒアリングした結果、主に、紙などのドキュメント教材や、ビデオ教材が用いられていることが分かった。そこで、本稿では、ドキュメント教材及びビデオ教材を、従来の教育教材に設定した。

次に、従来の教育教材の問題点についてヒアリングし、その結果を、以下のように整理した。

- ・ 熟練技術者の複雑な技能を表現できない
- ・ ビデオ教材などの映像編集作業は、制作負荷や難易度が高く、パソコン操作に不慣れた製造現場の担当者にとって敷居が高い
- ・ 教材制作を外部業者に委託すると、費用が高くなり、情報漏えいの危険も伴う
- ・ 素人化（パートなど）する従業員や海外拠点での現地技術者への教育の必要性が増加しており、従来の教育教材だけでは、早期教育が困難

上記問題点から、製造現場で活用される教育教材は、製造現場の担当者でも簡単に制作でき、熟練技術者の複雑な技能を分かり易く表現できることが求められていることが分かる。

以上により、本稿では、製造現場における技能教育の課題として、以下の 2 点に着目する。

- ・ 教育教材制作負荷の低減
- ・ 教育教材の表現力向上

3. 関連研究

本章では、簡単にデジタルコンテンツを制作する関連研究について述べる。

大学などの教育現場向けに、市村らによって、講師が1台の固定ビデオカメラを設置するだけで、講師動画と板書静止面の2chを表示するデジタルコンテンツを自動的に制作するシステムの研究が行われている[2].

また、國枝らによって、講師動画と講義で用いるPPTのスライドの2chを表示するデジタルコンテンツを、自動的に制作するツールの研究が行われている[3].

しかし、上記のような教育現場向けの研究では、動きの少ない講師映像と、板書やPPTのスライドなどの静止画を対象としているため、制作は簡単であるものの、製造現場における熟練技術者の複雑な技能を表現することが困難である。

4. デジタルコンテンツ制作ツール

2章で述べた製造現場における技能教育の課題や、3章で述べた関連研究を踏まえて、我々は、2ch映像の同期編集機能の特徴とするデジタルコンテンツ制作ツールを開発している。本章では、本ツールの設計指針について述べ、本ツールのデジタルコンテンツ制作の流れと各機能の特徴、デジタルコンテンツの表示画面について述べる。

4.1 設計指針

2章で述べた製造現場における技能教育の課題と、3章で述べた関連研究を踏まえて、本ツールの設計指針を以下のように設定した。

(1) 制作作業の簡易化

教育教材制作負荷の低減の課題から、制作作業の簡易化を設計指針として設定した。制作作業の簡易化により、製造現場の担当者でも簡単にデジタルコンテンツを制作できるツールを目指す。

(2) 多彩なメディア活用

教育教材の表現力向上の課題から、多彩なメディア活用を設計指針として設定した。特に、2ch映像を活用することで、製造現場における熟練技術者の複雑な技能を、分かり易く表現可能なツールを目指す。

上記のように、本ツールの設計指針を、制作作業の簡易化及び、多彩なメディア活用に設定した。しかし、多彩なメディア活用を実現するためには、様々なメディアの設定操作が必要になり、デジタルコンテンツの制作負荷が高くなる。また、制作作業の簡易化を実現すると、簡単なデジタルコンテンツしか作れず、表現力が乏しいものとなる。このように、制作作業の簡易化と、多彩なメディア活用は、相反するものであるため、両者のバランスを考えながら設計していく。

4.2 デジタルコンテンツ制作の流れと各機能の特徴

図2に、本ツールによる、デジタルコンテンツ制作の流れを示す。

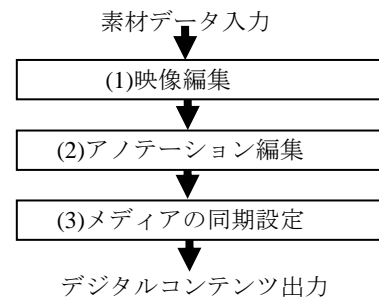


図2 デジタルコンテンツ制作の流れ

Figure 2 The flow of the digital content authoring.

図2のデジタルコンテンツ制作の各ステップに、4.1で述べた設計指針を満たすための機能を実装している。特に、多彩なメディア活用のための機能は、制作負荷が高くなるため、制作作業の簡易化の工夫を行っている。以下に、デジタルコンテンツ制作のステップ毎に、本ツールに実装した機能の特徴を述べる。

(1) 映像編集

①2ch映像の同期編集機能

2chの映像データを同期編集する機能(図3)。デジタルカメラなどで撮影した映像データを、本ツールに挿入して、同期編集することができる。1ch目の映像を挿入すると、映像表示エリア上の映像1の領域に、映像データの内容が表示され、タイムライン上に、映像データの長さが矩形で表示される。2ch目の映像を挿入すると、同様に、映像2の領域とタイムライン上に表示される。映像データ挿入後、映像表示エリア上で映像データの内容を確認しながら、タイムライン上の矩形をマウスで操作し、映像の開始位置や表示時間などの位置合わせを簡単に行うことができる。



図3 2ch映像の同期編集機能

Figure 3 The function of synchronous authoring of 2ch videos.

②映像画面数切替機能

編集可能な映像画面数を 1ch・2ch から選択して、切り替える機能(図 4)。映像画面数が 2ch の場合は、複数の視点から技能を表現可能であるが制作負荷が高い。また、映像画面数が 1ch の場合は、制作は簡単であるが、複雑な技能を表現できない。そのため、本機能により、映像画面数を切り替えることで、表現する技能や制作負荷に応じて、必要な映像画面数のデジタルコンテンツを制作することができる。また、編集中に、映像画面数を 2ch から 1ch に切り替える場合は、映像 2 の編集状態を保持したまま非表示にする。これにより、再度、2ch に切り替えて編集する場合も、映像 2 の編集の続きから作業することができる。



図 4 映像画面数切替機能

Figure 4 The function of video screen number switching.

③ドラッグ挿入機能

エクスプローラからドラッグアンドドロップし、映像データをタイムライン上に挿入する機能(図 5)。マウス操作で簡単に映像データを挿入することができる。



図 5 ドラッグ挿入機能

Figure 5 The function of drag insert.

④トリミング機能

映像データの一部をカットし、映像データの開始位置や終了位置を調整する機能(図 6)。タイムライン上で映像データの長さを表す矩形の、先頭または末尾にマウスカursorを合わせてドラッグすることで、映像の開始位置や終了位置を調整することができる。また、トリミングボタンをクリックして簡単にトリミング操作を行うこともできる。編集する映像画面数が 2ch の場合は、2ch の映像を同時にトリミングすることもできる。

また、編集画面でのトリミング操作の時点では、映像データに対してトリミングを行わず、デジタルコンテンツ出力時にトリミングを行うことで、トリミング位置を修正しやすくしている。また、デジタルコンテンツ出力時には、オリジナルデータをトリミングせず、コピーの映像データをトリミングして出力することで、オリジナルデータを再利用しやすくしている。

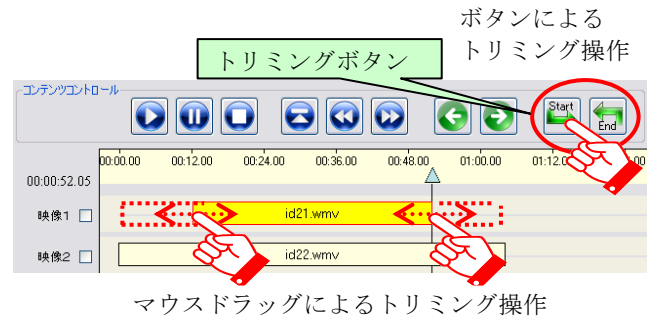


図 6 トリミング機能

Figure 6 The function of trimming.

(2) アノテーション編集

映像に関連するテキスト、音声、図形などの付加情報(アノテーション)を同期編集する機能(図 7)。

①インデックスアノテーション編集機能

映像データに関連付けて、インデックス(映像データ内の重要な箇所を指す索引)を編集する機能。テキストボックスに入力したインデックス情報をタイムライン上に挿入し、表示時刻の調整をマウス操作で簡単に行うことができる。

本機能により、シーンの頭出しが可能なデジタルコンテンツを制作できる。

②テキストアノテーション編集機能

映像データに関連付けて、作業手順や注意点などを説明するテキストを編集する機能。テキストボックスに入力したテキスト情報をタイムライン上に挿入し、表示時刻の調整をマウス操作で簡単に行うことができる。

本機能により、映像データの再生に合わせて、作業手順や注意点などのテキスト情報を表示するデジタルコンテンツを制作できる。

③音声アノテーション編集機能

映像データに関連付けて、異常音やアナウンス音声などの音声データを編集する機能。音声データをタイムライン上に挿入し、音声出力時刻の調整をマウス操作で簡単に行うことができる。

本機能により、映像データの再生に合わせて、異常音やアナウンス音声などの音声データを出力するデジタルコンテンツを制作できる。

④ 図形アノテーション編集機能

映像データに関連付けて、作業の注意箇所・エリアなどを示す図形を編集する機能。図形をタイムライン上に挿入し、表示位置の調整をマウス操作で簡単に行うことができる。また、挿入した図形は、映像表示エリアの映像データ上にオーバーレイ表示され、マウスでのドラッグ操作により、位置や大きさを簡単に設定することができる（図 8）。

本機能により、映像データの再生に合わせて、映像データ上に注目箇所を示す図形を表示するデジタルコンテンツを制作できる。

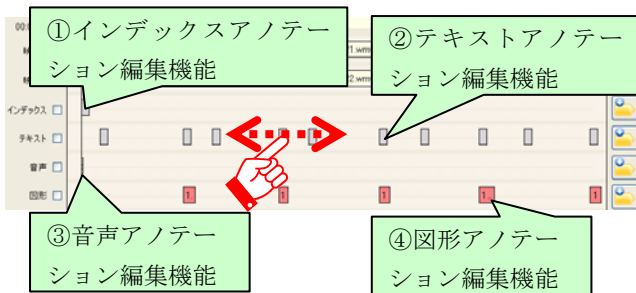


図 7 アノテーション編集機能

Figure 7 The function of annotation authoring.

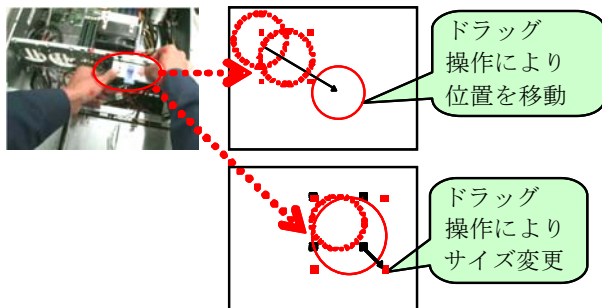


図 8 図形アノテーション編集機能

Figure 8 The function of figure annotation authoring.

(3) メディアの同期設定

(1) で編集した映像に、(2) で編集したアノテーションを関連付けるために、メディアの同期設定を行う。多彩なメディアの同期設定は制作負担が高くなるため、同期設定支援機能として、以下の機能を開発した（図 9）。

① アノテーション一括操作機能

複数のアノテーションのチェックボックスにチェックをつけて、関連情報を一括で操作する機能。本機能により、同期設定済みのメディアの位置を一括で調整することができる。

② 吸着機能

アノテーションの移動中、タイムライン上の編集位置を示すスライダコントロールから表示される補助線に、アノ

テーションの先頭または末尾が吸着する機能。本機能により、メディア同期設定時の微調整作業の負荷を低減できる。

③ タイムラインの拡大・縮小機能

タイムラインの表示を拡大・縮小する機能。本機能により、細かい同期設定作業を簡単に行うことができる。

④ 微調整機能

10ms 単位での高精度な時間調整機能。本機能により、マウス操作では困難な微調整を行うことができる。

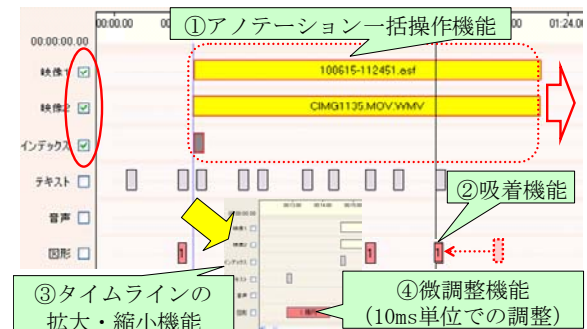


図 9 同期設定支援機能

Figure 9 The function of synchronous setting support.

4.3 デジタルコンテンツの表示画面

本ツールで制作したデジタルコンテンツの表示画面を図 10 に示す。デジタルコンテンツは、Web ブラウザ (Internet Explorer) 上で動作し、作業映像とそれに関連するアノテーションを同期表示するメインフレームと、教材コンテンツの章立てをツリー形状で表示するインデックスフレームより構成される。特に、2ch 映像を同期表示可能で、複雑な技能でも分かりやすい形で学習者に伝えることができる。また、映像に合わせてインデックスやテキスト、音声、図形アノテーションを同期表示可能で、作業手順や注意点などを正確に伝えることができ、学習者の理解を深めることができる。

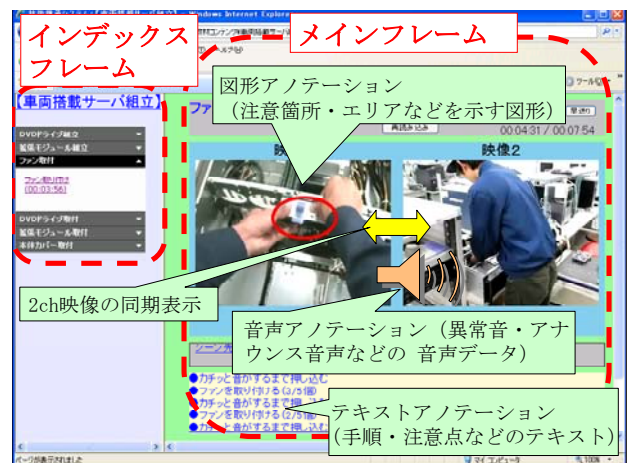


図 10 デジタルコンテンツ表示画面

Figure 10 The digital content.

5. 評価

本章では、本ツールを、社内の製造現場 10 拠点で利用してもらい、アンケート評価を実施した結果を述べる。

5.1 評価方法

社内の製造現場 10 拠点で、本ツールを利用した担当者(各拠点 1 名)を対象に、デジタルコンテンツ制作及び利用についてアンケート評価を実施する。アンケートの内容は、デジタルコンテンツ制作については、本ツールの操作性、表現力、有効性に関する設問に対して、5 段階評価により回答してもらう。操作性については、4 章の図 2 に示した、デジタルコンテンツ制作の流れに記載している各ステップの操作について、それぞれ回答してもらう。デジタルコンテンツ利用については、デジタルコンテンツの分かり易さ、有効性に関する設問に対して、5 段階評価により回答してもらう。5 段階評価の評価点は、「そう思う」の 5 が最も高く、「そう思わない」の 1 が最も低い。各設問について回答を集計、評価点の平均を算出し、アンケートの結果を評価する。また、自由記述形式により、本ツールに対する意見、感想を回答してもらう。

5.2 評価結果

(1) デジタルコンテンツ制作

デジタルコンテンツ制作のアンケート結果を図 11 に示す。

① 操作性

本ツールの操作性については、デジタルコンテンツ制作の各ステップの操作を対象に評価した。映像編集操作については、10 拠点中 7 拠点が高い評価をしており、評価の平均は 3.7 となった。アノテーション編集操作については、10 拠点中 7 拠点が高い評価をしており、評価の平均は 4.1 となった。メディアの同期設定操作については、10 拠点中 5 拠点が高い評価をしており、評価の平均点は 3.5 となった。全体的に高い評価が得られたものの、図 11 を見ると、拠点毎の評価にばらつきがあることが分かる。自由記述形式の回答を見ると、評価の低い拠点では、「ツールの操作に不慣れ」などの回答があり、評価の高い拠点では、「初めてでも作業しやすく、現場スタッフにも制作できるレベル」などの回答があった。これは、拠点毎に、デジタルコンテンツ制作者のパソコンスキルや、制作対象の作業などが異なるためであると考えられる。

② 表現力

本ツールの表現力については、製造現場での技術・技能を十分に表現できたかという視点で評価した。10 拠点中 3 拠点が高い評価をしており、評価の平均は 3.1 となった。自由記述形式の回答を見ると、「テキストを映像内に表示したい」、「2ch 目に静止画を表示したい」などの回答があった。2ch 映像の同期表示により、表現力の向上が図れたが、

更に表現力を向上させるためには、映像を説明するアノテーションの充実化が必要であることが分かった。

③ 有効性

本ツールの有効性については、職場での教育教材制作に有効であるかという視点で評価した。10 拠点中 8 拠点が高い評価をしており、評価の平均は 4.1 となった。多くの拠点での教育教材制作に、本ツールが有効であることが確認できた。

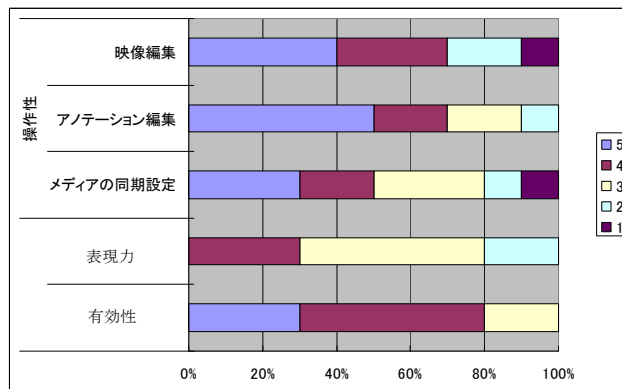


図 11 デジタルコンテンツ制作のアンケート結果

Figure 11 The questionnaire result of digital content authoring.

(2) デジタルコンテンツ利用

デジタルコンテンツ利用のアンケート結果を図 12 に示す。

① 分かり易さ

デジタルコンテンツの分かり易さについては、従来の教育教材に比べて、技術・技能を理解しやすいかという視点で評価した。10 拠点全てが高い評価をしており、評価の平均は 4.6 となった。2ch 映像の同期表示により、従来の教育教材に比べて、分かり易さが向上したことを確認できた。

② 有効性

デジタルコンテンツの有効性については、職場での技能教育に有効であるかという視点で評価した。10 拠点全てが高い評価をしており、評価の平均は 4.7 となった。多くの拠点での技能教育に、本ツールで制作したデジタルコンテンツが有効であることが確認できた。

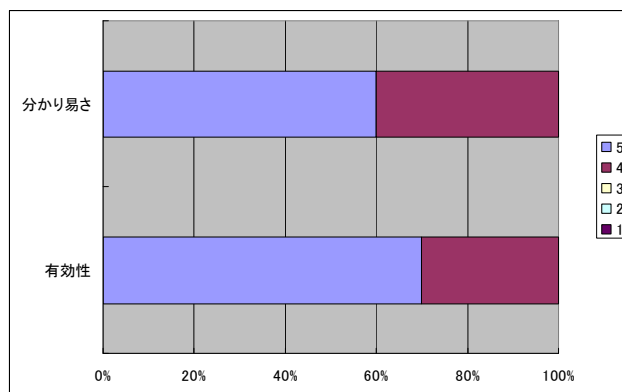


図 12 デジタルコンテンツ利用のアンケート結果

Figure 12 The questionnaire result of digital content use.

以上のように、本ツールを、社内の製造現場 10 拠点で利用してもらい、アンケート評価を実施した結果、デジタルコンテンツ制作については、拠点毎の評価にばらつきがあったものの全体的に高い評価が得られた。また、デジタルコンテンツ利用については、10 拠点全てから高い評価が得られた。本評価により、本ツールが、製造現場の技能教育に有効であることを確認した。

6. 製造現場への展開事例

本ツールは、現在、社内の国内外の製造現場のうち 5 拠点(国内:3 拠点, 海外:2 拠点)に適用している。本章では、特に、2ch 映像を効果的に活用している事例を紹介する。

(1) 事例 1

海外拠点新設時の、現地作業員教育に本ツールを適用。大型製品の組立作業について、製品全体を撮影した遠景映像と、作業者を撮影した近景映像の 2ch 映像を同期表示したデジタルコンテンツを制作し、作業者の位置や姿勢と、手元の作業内容を表現している。上記デジタルコンテンツは、カン・コツ技能作業を要する工程の教育に有効であり、教育担当者不在時の自習や、海外拠点新設時の設備が整っていない状態での教育に利用できる。

(2) 事例 2

海外拠点で、不良率の高い作業における現地作業員の教育に本ツールを適用。熟練技術者の作業映像と若手技術者の作業映像の 2ch 映像を同期表示したデジタルコンテンツを制作し、作業の差異を表現している。上記デジタルコンテンツを用いた教育により、若手技術者に作業の差異を理解させることができ、不良率を低減できた。

(3) 事例 3

営業マンやサポートエンジニアの教育に本ツールを適用。パソコンに接続して利用する機器の操作手順について、パソコン画面上の操作をキャプチャした映像と、デジタルカメラで撮影した機器の操作映像の 2ch 映像を同期表示したデジタルコンテンツを制作し、パソコンとデモ機の両方の操作を表現している。上記デジタルコンテンツを用いて、海外拠点の担当者を教育することで、国内担当者による海外サポート業務の負荷を低減することができる。

このように、本ツールの適用先では、2ch 映像を効果的に活用したデジタルコンテンツが制作されており、技能継承用途だけでなく、海外での教育や、新人研修、日々の作業マニュアルなどの用途で、広く利用されている。

7. おわりに

本稿では、製造現場における技能教育の課題を、教育教材の制作、利用の観点から整理し、制作作業の簡易化及び多彩なメディア活用を設計指針とした、2ch 映像の同期編集機能の特徴とするデジタルコンテンツ制作ツールについて述べた。また、本ツールを、社内の製造現場 10 拠点で利用してもらい、アンケート評価を実施し、製造現場の技能教育に有効であることを確認した。本ツールの適用先では、2ch 映像を効果的に活用したデジタルコンテンツが制作されており、技能継承用途だけでなく、海外での教育や、新人研修、日々の作業マニュアルなどの用途で、広く利用されている。今後は、拠点毎のニーズに応じて、本ツールの拡張機能開発を行っていく。

参考文献

- 1) 長島孝, 横山淳一, 松田信一, 中平勝子, 福村好美: 高度技能伝承のためのマルチメディアコンテンツ開発 情報処理学会研究報告 (2005) .
- 2) 市村哲, 井上亮文, 宇田隆哉, 伊藤雅仁, 田胡和哉, 松下温: ChalkTalk: 講師動画と板書静止画の同時記録が可能な講義自動収録システム 情報処理学会論文 Vol.47 No.3(2006).
- 3) 國枝孝之, 脇田由喜, 高橋望: Multimedia Web コンテンツ自動生成ツール MPMeister Ricoh Technical Report No.29(2003).