

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 17 日現在

機関番号：17201

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25350339

研究課題名(和文) 立体視と3D実物模型による伝統工芸技能習得支援教材コンテンツの開発

研究課題名(英文) Development of teaching materials of traditional craft skills using a stereoscopic video and 3D mock-up

研究代表者

中村 隆敏 (NAKAMURA, TAKATOSHI)

佐賀大学・文化教育学部・教授

研究者番号：70509786

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,900,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は陶磁器伝統工芸従事者のために行った。この研究の目的は立体視ビデオ及び3Dプリンタを用いた実物模型等高度なデジタル技術により職人の技術・感性を数値化及び可視化することで技能習得の期間短縮を目指すことである。国内伝統工芸の衰退の原因として、後継者不足問題があげられる、そこで、本研究では、デジタル技術を活用し、伝統工芸職人の作業工程を職人視点による立体視映像や3Dスキャナによる分析・データベース化、3Dプリンタによる実物模型化を行った。我々は技能伝承における「あいまいさ」「暗黙知」を「形式知」として提供し、学習者と師匠の伝承を補完する教材制作の研究を行った。

研究成果の概要(英文)：This study was carried out for ceramics traditional craft workers. The purpose of this study is that it aims to reduce time of skill acquisition by digitizing and visualization technologies and sensibility of the craftsmen by the mock-up such as advanced digital technology using a stereoscopic video and 3D printer. As the cause of the domestic traditional craft of decline, successor shortage problem, and the like, Therefore, in this study, to take advantage of the digital technology, analysis and database by the stereoscopic video and 3D scanner the working process of traditional craftsmen by skilled craftsmen perspective, it was the real thing modeled by 3D printer. We provide the "ambiguity", "tacit knowledge" as the "formal knowledge" in the skill tradition, we conducted a study of educational materials production to complement the tradition of the learner and teacher.

研究分野：教育工学、eラーニング、教材コンテンツ

キーワード：デジタルコンテンツ デジタルアーカイブ 教材コンテンツ 3Dプリンタ 立体視ビデオ 伝統工芸

## 1. 研究開始当初の背景

本研究の骨子は伝統工芸従事者のため、立体視、3D コピーによる実物模型等高度なデジタル技術により職人の技術・感性を数値化・可視化することで技能習得の期間短縮を目指すことである。国内伝統工芸の衰退の原因として、後継者不足問題があげられる、通常、伝統工芸の技能習得は、何十年と言う師弟関係の元に行われていくが、技能習得方法が確立されていないケースが多く、「見て覚える」といった暗黙知での技能継承が今も続いている。

そこで、本研究では、デジタル技術を活用し、伝統工芸職人の作業工程を職人視点による立体視映像や3D スキャナによる分析・データベース化、3D プリンタによる実物模型化を行い、それをもとに、今までの技能伝承における「あいまいさ」「暗黙知」を「形式知」として提供し、職人希望者と師匠の伝承を補完する教材制作を開発する。

本研究は日本が誇る伝統工芸の継承分断を防ぎ、職人希望者の技能習得の期間短縮が期待できる。

また、本研究の成果を基に、他の後継者不足で悩む日本の伝統産業に対し、技術移転を広げていくことを目指している。

日本の伝統工芸の一つである陶芸（磁器）の水引きろくろ成形を使った製造過程には成形・乾燥・焼成などの過程があり、その過程には常に変形が起こる。職人はその変形を経た完成イメージを頭に描いて作品を作り上げていく。

職人が長年、体に覚え込ませた技術や感性は、「暗黙知」としての技能継承が行われてきたが、デジタル技術を使用し、職人の技術・感性を数値化・可視化することで「形式知」としての継承の補完が行われ、職人希望者の技能習得の期間短縮が期待できる。

先行研究は、触覚の部分を実感用リアリティやデータグローブを使用して表現していることもあり、具体的な形式知化にはなっておらず、感覚の部分での補完でしかないため、技能習得期間の短縮にはならない。

本研究では、師匠視点の立体視映像、制作物変化の実体化・データベース化という有益な情報を職人希望者に提供することができ、師匠にも、新たな指導方法の構築への気づきとさせることが可能である。また、本研究をもとに、他の後継者不足で悩む日本の伝統工芸産業に対し、適用できる教材を広く開発できることを目指している。

## 2. 研究の目的

### (1) 概要

本研究の特色は、立体視映像による没入感

を伴った職人視点でのシミュレーションと3D 実物模型による皮膚感覚による職人制作物のシミュレーションを併用している点、さらに工程毎に言語化した要諦を配する点である。

本研究において開発する教材の特徴は、今まで触ることが出来なかった製作過程の「変化」を目（立体視）と、手（3D プリンタ出力模型）で実際に体験できることにある。伝統技術の習得には多くの要素（技術・物理現象・デザイン・感性）があり、映像だけで、その要素を読み取ることは不可能である。

そのため、陶芸における必要な土の配合・気温・温度・水分量などのデータベース化も必要である。これらのデータを踏まえた結果、生成される職人の実物模型を触ることにより、皮膚感覚で作業工程を確認することができる。また、言語化された各作業要諦を確認することで理解の深化を図ることができる。

従来、職人の感覚を経験や口頭で伝えてきた部分を、数値化し可視化、言語化することで、一度に多くの人へ伝えることができるため、これまで、それぞれの職人で異なった技術継承が行われてきた部分に一定のひな形を与えることが可能となる。

従来の職人と弟子の技術継承の方法に変化をもたらす研究であるが、決して職人の技術を「簡単に」継承させるための研究ではなく、「正確に」「確実に」継承する事を目的としている。

想定される用途として、伝統工芸の教育現場での利用が考えられる。そもそも、伝統工芸の技術継承（教育）にはカリキュラムが存在せず、暗黙知での技術継承が続いている。

伝統工芸を目指す若者が減少している現在、技術習得の形式知化・データベース化で伝統工芸への間口を開き、技能習得の短期化、職人としての独り立ちの早期化をもたらすことが期待できる。さらに、これらを職人毎にデータベース化することにより、職人の手わざと実物の相関による、産地の伝統工芸技術の体系化に繋がる研究が期待できる。

具体的な目標設定は以下の項目である。

### (2) コンテンツ制作ワークフローの研究

現在の立体視コンテンツ制作は、機材や開発システムの複雑化から統一化へ進んでいる。その統一化された技術を基に、映画やゲーム等、エンターテインメントコンテンツのみでなく医療、教育、福祉などの3D 立体視コンテンツ制作が広がっている。

本研究では、視聴健康にも配慮した3D コンソーシアムガイドラインによる立体視コンテンツ制作の標準化を検討し、ユーザサイドに沿った業務レベルのワークフローを検討する。

また、3D データによる実物成形技術は、企業の商品開発のラピッドプロトタイピング、遺跡や文化財の記録保存技術に活用されている。近年は、オンラインによる3DCADデータの共有化、3D プリンタ出力サービス等、3D 立体物造形の一般化が進んでいる。

このことから、3D 実物コンテンツ制作も機材や開発システムの複雑化から統一化へ向かっていることが分かる。3D レーザスキャンニングによる実物測定、3D プリンタによる実物コピーによる模型化、データ分析、アレンジ、成形のプロセスと最適化のワークフローを検討する。

### (3) 立体視映像、実物 3D 模型化の研究

小型立体視カメラを磁器ろくる職人の頭部に装着し、職人視点の作業工程を記録する。その際、作業経過の映像サンプリングと同時に、それを形づくる人間の手や指の運びの軌跡も同時に立体視撮影し、さらに教材として重要な工程毎に要諦の言語化を並行して行う。

同時に重要なポイント毎に制作物の 3D レーザスキャンニングを行うことにより、ろくる作業で重要な変形状態、乾燥時の収縮状態を記録する。このデータを基に 3D プリンタで実物模型を作成し、いつでも職人制作の成形経過を皮膚感覚で確認できるようにする。

## 3. 研究の方法

### (1) 概要

本研究において職人の作業技術を職人視点で立体視にすることにより、立体視であることの没入感に加え、職人視線における作業工程の視点移動や道具の活用履歴、間の取り方など、暗黙知に係る部分をより実体験としてリアルに感じることができる。

また、制作する陶磁器の工程毎の実物再現の方法は、ハンディ型 3D スキャナでレーザ計測し 3D プリンタで再現していく。成形途中の形状は、通常は柔らかく触れることはできない。時間が経つに連れ乾燥し収縮変形する実物を忠実に記録しておくことで、これまで実現できなかった 3D オブジェクトとしてのまるごと記録が可能となる。通常、職人はその日の天候、気温、湿度に影響を受け、経験的に作業工程を設計できる。このことから測定時の気候条件化や土の配合・水分量でパターン分けし、工程日程毎についても同様に計測を行いデータベース化する。

このような実物の時間変化等の記録を行うことで、職人毎の癖に寄る成形物の微妙な差異などのデータ解析を行うことができる。これらを職人毎にデータベース化することにより、産地の伝統工芸技術の解明、体系化

に繋がる基礎資料を作成する。

本研究において技術的な部分は、立体視や 3D データからの実物制作を行っているコンテンツ産業のスタジオや研究施設の視察、ヒアリングが重要となる。筆者は研究代表者として、これまでの教材コンテンツ開発研究の成果を基に、質の高い教材内容作成へのワークフローを設計し、開発プロセスを重視しながら職人ともコミュニケーションを図り、職人志望者にサンプルモデルを評価してもらい形式的評価を行っていく。

### (2) 25 年度研究

専門的な知識を必要とする立体視ビデオ撮影、編集の検討を行う。現在の立体視コンテンツ制作は、システムの複雑化から統一化へ進んでおり、3D コンソーシアムガイドラインによる立体視コンテンツ制作の標準化を確認し、制作に対応する必要な機器やアプリケーションの実態を先行する大学や研究機関、民間制作プロダクションを訪問しワークフローを調査する。

また、3D レーザスキャンニングによる実物測定及び 3D プリンタによる立体物成形のプロセスと最適化のワークフローを専門機関、プロダクションを訪問し検討する。更に、コンテンツインタフェースとしてメディアアート、デザインの調査、検討を行いインタラクティブな教材デザインを行う。

### (3) 26 年度研究

ろくる伝統工芸職人と協力し、立体視撮影、制作途中の作品実物の過程の変化をハンディ型 3D レーザスキャナを用いて記録する。取得する情報は、室内の気温・湿度、対象物の水分量も含む。

磁器はろくるを使った成形過程から乾燥過程を経て焼成されるが、その過程で常に変形が起こる。職人はその変形も計算に入れて最初の工程を行う。これも職人の経験と勘にたよるものであり、具体的な数値などの形式知で教える技術を職人は行わない。そこで、通常は触れることや目で追うことが出来ない変形の過程を気温や土の配合別の複合パターンも含めて記録することで、目に見えなかった暗黙知を形式知化する。

立体視撮影は、右目用左目用レンズをコンパクトに収納した立体視撮影専用カメラを用いる。軽量のためヘルメットに装着し、職人の視点に合うよう調節した後ろろくる作業をしてもらう。画質はフルハイビジョンで収録し、音声も同時収録していく。手先や指の動きなど、職人視点では全体像が分からない部分のために手元専用のカメラも準備する。

実物模型制作のために、3D レーザスキャナで実物 3D データをサンプリングする。その後、3D データを修復、調整を行い 3D

プリンタでの実体化及び、断面模型を作成する。

#### (4) 27年度研究

開発が進むにつれ、立体視による作業工程と大量に3Dプリンタで出力した実物模型の相関、作業状態の天候、気温、湿度データなどの情報との関連付けが煩雑になることが予測される。

本教材の使用者は伝統工芸に従事しようとする人々であり、実際にろくろの練習をしながら、本教材を補助的に用いることを想定している。

現在、佐賀大学や佐賀県では地域コンテンツデザインへの期待が高まっており、「地域環境コンテンツデザイン研究所」や「eラーニングスタジオ」、デジタルアーカイブス関連企業との協力の下、開発したサンプルモデルを有田焼ろくろ技術職人志望者に体験してもらった。

さらに、学習者が実際に産地へ赴き、ろくろ作業習得体験を通じた現地教育プログラムをデザインする。協力者は有田町、有田商工会議所、佐賀県立有田窯業大学校、佐賀県立有田工業高校等である。

最終的にユーザからのコンテンツ評価や教育プログラムへの評価を行う。

### 4. 研究成果

#### (1) 25年度成果

立体視、3D実物模型作成ワークフローの調査、検討を行った。現在の立体視コンテンツ制作は、システムの複雑化から統一化へ進んでおり、3Dコンソーシアムガイドラインによる立体視コンテンツ制作の標準化を確認し、制作に対応する必要な機器やアプリケーションの実態を先行する大学や研究機関、民間制作プロダクションを訪問しワークフローを調査した。

また、3Dレーザスキャンニングによる実物測定及び3Dプリンタによる立体物成形のプロセスと最適化のワークフローを専門機関、プロダクションを訪問し検討した。更に、コンテンツインタフェースとしてメディアアート、デザインの調査、検討を行いインタラクティブな教材デザインを検討した。

3Dレーザスキャンニングによる実物測定及び3Dプリンタによる立体物成形のプロセスと最適化のワークフローを専門機関、プロダクションを訪問し検討した。機器は簡易型3Dプリンタであり、製造工程や3Dデータ化の見通しをたてることができた。さらに、コンテンツインタフェースとしてタンジブルデザインの調査、検討を行うため、米国、国内等の先進コンテンツプロダクションや大学研究施設の視察も行うことができた。

#### (2) 26年度成果

ろくろ伝統工芸職人と協力し、立体視撮影、及びハンディ型3Dレーザスキャナを用いて記録した。磁器はろくろを使った成形過程から乾燥過程を経て焼成されるが、その過程で常に変形が起こる。職人はその変形も計算に入れて最初の工程を行う。これも職人の経験と勘にたよるものであり、具体的な数値などの形式知で教える技術を職人は行わない。そこで、通常は触れることや目で追うことが出来ない変形の過程を3Dスキャナで形状を立体形状として保存した。

立体視撮影は、レンズをコンパクトに収納した立体視撮影専用カメラを用いた。職人の視点に合うよう調節した後ろろくろ作業を記録した。画質はフルハイビジョンで収録し、音声も同時収録していく。別途、実物模型制作のために、3Dレーザスキャナで実物物3Dデータをサンプリングし、3Dデータを修復、調整を行い3Dプリンタでの実体化を行った。

本研究は学習者が完成品に対する制作工程をイメージするための技能継承の具体的手引きのひとつとなる。また、伝統工芸教材におけるデジタルコンテンツは、学習者に対するコンテキストデザインも重要であり、実際のコンテンツ制作スタジオにおける視察や資料収集なども継続して行った。

ワークフローを基に職人視点による立体視作業映像の収録、作業途中の実物を3Dモデル化できた。小型立体視カメラを磁器ろくろ職人の頭部に装着し、職人視点の作業工程を記録できた。作業経過の映像サンプリングと同時に、それを形づくる人間の手の指の運びの軌跡も同時に立体視撮影し、さらに教材として重要な工程毎に要諦の言語化を並行して行った。

同時に重要なポイント毎に制作物の3Dレーザスキャンニングを行うことにより、ろくろ作業で重要な変形状態、乾燥時の収縮状態を記録した。このデータを基に3Dプリンタで実物模型を作成し、成形経過を皮膚感覚で確認できる教材のサンプルが作成できた。

また、立体視や3Dデータからの実物制作を行っているコンテンツ産業のスタジオや研究施設の視察、ヒアリングができた。関係資料として、コンテンツ作成やアートやデザインの知見からの教材デザインに関する図書も導入できた。

(図1-6参照)



図1 立体視カメラ撮影による記録動画



図4 ハンディ型3D スキャナ



図2 3D スキャナと積層型3D プリンタ

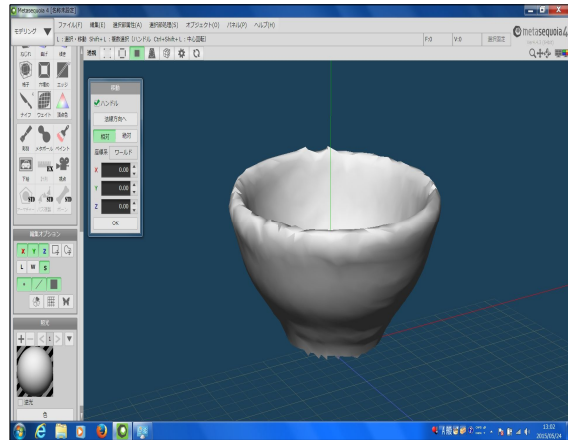


図5 スキャンニングデータ



図3 ろくろ成形作業



図6 実物模型の作成

### (3) 27年度成果

最終年度は、立体視と実物コピーの連携教材に発展させ、職人志望者等に実際に活用してもらい、その評価を行った。立体視による作業工程と3Dプリンタで出力した実物模型の相関、作業状態の天候、気温、湿度データなどの情報との関連付けも行った。

また、本教材の使用者は伝統工芸に従事しようとする人たちであり、実際にろくろの練習をしながら、本教材を補助的に用いることを想定している。そのためタブレットを用いた分かりやすいインタフェースで活用できるデザインやデジタルアーカイブスやeラーニングとの連動などのアウトプットを具体的に検討した。

このデータを基に3Dプリンタで実物模型を作成し、成形経過を皮膚感覚で確認できる教材のサンプルが作成できた。今後は立体視と実物コピーの連携教材に発展させ、職人志望者等に実際に活用してもらい、実際にろくろ成形の練習をしながら本教材を補助的に用いることを想定している。

### (4) 今後の展望

本研究では、ハンディ型3Dスキャナを用いて工程毎の模型を生成し、手触り感や大きさを視覚や皮膚感覚から直接読み取れる教材を開発した。

しかし、3Dスキャナから読み取った3Dデータはそのままではポリゴンに穴が空き直接は扱えない。そのため3Dアプリケーションによるデータの補正、修正作業が必要となる。また、外面と内面を手で触れて厚みの違いが認識できるようにスキャンニングの工夫も必要となる。

本教材では熟達職人の仕事を視覚的に憶えるというだけでなく、工程の変化を3Dプリンタで実体化した物体を触ることで、皮膚感覚を通じて何度も経験することができる。熟達者の工程を細分化し工程毎に立体視として可視化し、要諦を与え、さらに実物で身体的に確認できることが重要な点となる。

今後の展開として、実物模型などの情報は点でしかなく、職人が残す作業時の要諦の言語化と関連付けることで連動型データベースを実装する。技能アーカイブスとして、技術と連携する経験値の世界をデータ化することを進めていきたい。

## 5. 主な発表論文等

### 〔雑誌論文〕(計3件)

四島 誠, 中村隆敏: “地域学習を目的としたタブレット教材開発”, 佐賀大学教育実践研究紀要, 第33号, pp.81-90, (2016).

中村隆敏: “地域コンテンツ創造と人材育成プログラム”, 佐賀大学教育実践研究紀要, 佐賀大学文化教育学部附属教育実践総合センター, 第32号, pp.17-22, (2015).

古賀崇朗, 中村隆敏, 藤井俊子, 高崎光浩, 角 和博, 河道 威, 永溪晃二, 久家淳子, 時井由花, 田代雅美, 米満 潔, 田口知子, 穂屋下 茂: 就業力を育むデジタル表現技術者養成プログラムの実践, 全学教育機構紀要, 佐賀大学全学教育機構, 創刊号, pp.13-22, (2013).

### 〔学会発表〕(計6件)

中村隆敏: “3D複製型模型による伝統工芸技能修得支援教材の開発”, 日本産業技術学会第28回九州支部大会研究発表, (2015).

中村隆敏: “Fab社会と立体実物模型伝統工芸教材の開発”, 日本産業技術教育学会 第31回情報分科会(佐賀)研究発表, (2015).

中村隆敏: “立体実物模型による伝統工芸技能アーカイブス”, 日本産業技術学会第27回九州支部大会研究発表, (2014).

前山亜希子, 中村隆敏: “近代有田焼における製造技術の概観と教材化について, 有田焼に関するアンケート調査”, 日本産業技術学会第27回九州支部大会研究発表, (2014).

糸山ゆう, 中村隆敏: “FabLabを活用した課題解決型ものづくり学習の提案”, 日本産業技術学会第27回九州支部大会研究発表, (2014).

中村隆敏: “イメージ生産技術によるコンテンツ人材育成”, 日本産業技術学会第26回九州支部大会研究発表, (2013).

### 〔図書〕(計2件)

穂屋下茂, 中村隆敏, 他: “就業力を育むデジタル表現技術者養成プログラム 創造的表現力を重視したアクティブ・ラーニングの実践”, 五絃舎, (2015).

森山 潤, 山本利一, 中村隆敏, 永田智子: “iPadで拓く学びのイノベーション タブレット端末ではじめるICT授業活用”, 2-6節, 7-4節, 高陵社書店, (2013)

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

中村 隆敏 (NAKAMURA TAKATOSHI)  
佐賀大学・文化教育学部・教授  
研究者番号: 70509786