

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年 5月31日現在

機関番号：17401

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2010～2012

課題番号：22500929

研究課題名（和文） 伝統技能の保存と継承のためのマルチメディア活用技術の開発

研究課題名（英文） Development of Multimedia Application Technology for Preservation and Succession of Traditional Skill

研究代表者

大淵 慶史 (OHBUCHI YOSHIFUMI)

熊本大学・工学部・准教授

研究者番号：10176993

研究成果の概要（和文）：職人の高齢化と後継者不足により技術・技能の直接的伝承が困難となった背景より，マルチメディア活用による技能伝承手法を開発した．木造船製作の記録文書，写真，動画に加え3D-CAD上で製作工程の再現を詳細に行い，全製作工程をデータベース化した．また，身体や手指の動きのモーションキャプチャおよび筋電位信号による評価を行い熟練者と初心者の違いを確認した．成果物による被験者の技能習得は従前の半分程度の製作時間を達成した．

研究成果の概要（英文）：Multimedia application technology was developed for preservation and succession of traditional skill, because of the aging of masters and shortage of successors. For a traditional handmade wooden ship, the database of fabrication process was made using movie, photo, sound and voice, documents and 3D-CAD data. In addition, the difference of motions of body, hand and finger between expert and beginner was confirmed by motion capture and myoelectric signal. By using of the database for amateur testee, production time of wooden ship model reduced to a half compared with ordinary learning method.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1,000,000	300,000	1,300,000
2011年度	600,000	180,000	780,000
2012年度	1,000,000	300,000	1,300,000
年度			
年度			
総計	2,600,000	780,000	3,380,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：科学教育・教育工学

キーワード：メディアの活用

1. 研究開始当初の背景

近年，職人の高齢化，後継者の不足により今まで培われてきた高度な技術が失われつつある．伝統技術・技能の伝承は，教える側と習う側の関係確立し，師匠が手本を見せ弟子はそれを見て真似ながら技術や技能を自分のものにしていくといった方法をとつ

ていた．しかし，昨今の社会環境の変化に伴い，現実には教える側の高齢化，後継者不足という状況であり，従来と同じような伝承方法では技術・技能の伝承は難しくなっている．後継者不在のまま，個人に特化した技術や技能を保存・継承するために客観性・再現性のあるものに置き換える必要が急務となって

いる。

木造船作りも、伝統が途絶えようとしている産業の1つである。山口県下関市豊北町では、平成15年度に町興しの一環として伝統的な木造船である角島伝馬船（ツノシマデンマ）の復元事業が企画された。これは、下関市豊北町角島に代々伝わる手漕ぎの木造船であり、艀を2つ持ち、全長はおよそ6mである。主にウニ、サザエ、アワビ、ワカメなどの底見漁などに用いられていた漁船であるが、今ではFRP船の普及により木造船の製作技法も消え去ろうとしている。この事業においては、船大工である波津野政博氏（当時68歳）による半年間にわたる復元作業が下関市豊北歴史民族資料館のスタッフにより詳細に記録され、録画したビデオ映像、写真、製作記録ノートが残された。



図1 復元されたツノシマデンマ

そこで、これに着目して、平成17年度より共同研究を開始し、これらの資料を基にマルチメディアデータベースを構築するために、これまでに、寸法計測データの収集、CG等を利用したデータのデジタル化などを試みてきた。

2. 研究の目的

(1) 研究対象を上述のような伝統技能の1つである木造船の製作に着目し、この製作工程における映像/動画・写真/静止画・音声・ドキュメント、さらにCGやCAD、CAEの利用など、現代のマルチメディアを用いた伝統技能の継承方法を提案する。使用する各々のメディアの特性により、どのような使用が効果的であるかを検証し、マルチメディアを用いたデータベース化を行うことにより伝統技能の保存と継承を可能にする手法を確立することを目的とする。

(2) 構築するデータベースが実際に技術伝承に有効であるのかの検証として、船大工が実際に使用する道具を使い技能を実践する。船

大工の作業の一部を実際に行い、作業者の技能熟練の過程における動きや筋力、加工力の変化の計測、工作物の強度試験や内部観察などにより技能の伝承や習熟の度合いの評価を可能にすることも目的とする。

(3) CADによるモデリングを行うことにより、これまで経験的に行われた木造船の設計をCAEの機能で解析・評価することも可能となる。すなわちCADデータをひとつの新しいメディアと位置付け、製作工程を表現するとともに伝統技能を工学的に評価することも目的とする。

3. 研究の方法

(1) 角島伝馬船復元製作取材のデータ（ビデオ映像141本及び製作記録ノート）、測定した実寸データを用い、各部材の形状・寸法を詳細に再現したスケールモデルを製作し、各作業工程におけるメディアの有効性を検討する。

(2) 既存のデータに加え、データベースを構築するメディアの中で特に3D-CADに着目し、CADのデータをひとつのメディアとして製作工程を表現することを試みる。3次元CADやCGの利用は、以前は形状を伝えることが目的とされる3次元表示のみであった。しかし、近年のCADシステムの持つ多くの設計に対する機能を活用することにより、製作プロセス自体をデータ化することも可能となっている。そこで、部材の加工から組み立てまでの全工程を実際の作業と対応した方法で3D-CADにより再現することを試みる。

(3) 船大工の作業の一部を熟練者と被験者が実際に行い、作業者の技能熟練の過程における動きの記録や筋力・加工力の変化の計測などにより技能の伝承や習熟の度合いの評価を可能にすることを試みる。

(4) 上述のCADによるモデリングを行うことにより、これまで経験的に行われた木造船の設計をCAEの機能で解析・評価することも可能となる。すなわち、経験的に行われている木造船の設計についてCAEの機能を用いて解析による評価を行うことを可能にする。

(5) 収集したデータ（ビデオ、実寸計測データ、写真、道具、文章、CAD）を活用したマルチメディアによる手順書の作成を行う。

4. 研究成果

(1) 被継承者に角島伝馬船復元製作取材のデータ（ビデオ映像141本及び製作記録ノート）、角島へ出張して測定した実寸データを用い、各部材の形状・寸法を詳細に再現した

1/12 スケールモデルを製作し、各作業工程におけるメディアの有効性を検討した。困難度が低い工程は直線部分を多く含む部材の製造、結合過程であり、困難度が高い工程は曲げの技術が用いられ、結合部数が多く、曲面同士の接合が多くなるという共通点が見られた。そのため、参考メディアのレベル評価では、困難度が低いサンガイ（船底と舳先の接合部）、トダテ（仕切板）の取り付けなどは静止画（写真）を用いることを推奨している。特に困難度が高いナカダナ（船底斜面部）、ウラダナ（船縁）の取り付けは、動画メディアの利用が不可欠であった。



図2 製作したスケールモデル

(2)3D-CAD を用いた寸法および形状、製作過程、加工手順等の復元と保存の可能性を検討した結果、CAD の履歴機能が課程と手順の保存に非常に有効であることが明らかになった。①3D-CAD を用いて、既存の資料を基に実際の方法に対応した方法で手順に沿って部材の成形や組み立てを行った。一部の接合工程についてはCAD 上では実現不能なものもあり、その部分は止むを得ず実際とは対応していないコマンドにより製作を行った。表1に実際の製作での加工方法と3D-CAD 上での対応させたコマンドの対応表を記す。

表1 製作工程とCAD コマンドの対応

木造船の製作工程	3D-CAD コマンド
図面引き	スケッチ
鋸による切断、カンナ削り、ノミでの穴あけ	押し出しカット
鋸による曲面を取る切断	ロフトカット
カンナによる部材の角の面取り	面取り
部材の曲げ	フレックス
フナクギ、接着剤による部材接合	アセンブリ合致

②特に、CAD によるモデリングにおいて実際の製作手順通りに製作することに重きを置いた。この点は、使用したヒストリ系CAD の履歴機能を活用した。部材を作成する際に残る履歴を利用することで、実際の工程との対応がより分かりやすくなっている。図3にその例を示す。CAD モデル作成の際も、部材形状を効率よくモデリングするのではなく、実際と同じように板材から切り出すところから再現した。この履歴を辿れば、学習者が分からない加工工程に素早く注目して製作工程を学習することができ、この点で技能を忠

実に保存・再現することが可能となった。

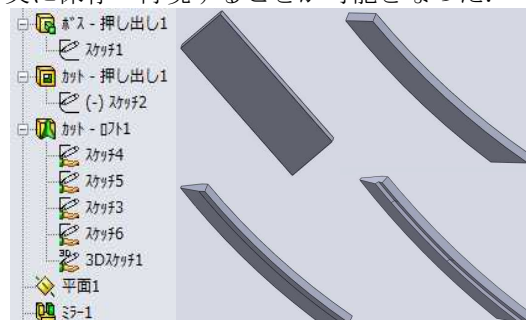


図3 CAD の履歴機能を利用した工程の再現

③3D-CAD モデルの作成において、上記の手法では手順が正確に表現できていない点があった。そこで製作工程の表現をさらに詳細に行い、部品製作と組み立て工程を分離せず、組み立てながら製作を進める実際の工程を表現可能にした。初期の手法は部材ごとのモデリングの後に組み立てを行っていたため、加工工程の再現が各部材で独立しており、他の部材との関係性や組み合わせのタイミングが再現できていなかった。これを改善するために今回は“部品の挿入”という機能を用いて挿入先で処理を続ける方法を取った。図4は船首と船底が合致する部分であるが、挿入先でコマンド処理を続けることで、他の部材との関係性や組み合わせのタイミングも分かりやすくなった。このように、製作するモデル形状は同じであっても実際の、加工方法通りにモデリングすることで、技能伝承をより正確なものとすることができた。図5に上記の方法で製作を行い、完成したモデルを示す。木材特有の滑らかな曲線も再現でき、実物に近いモデルとなっている。

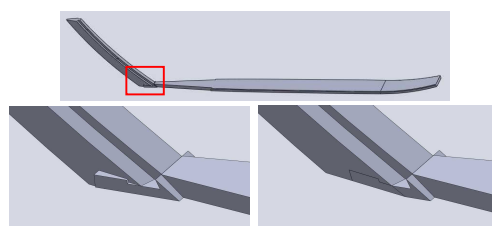


図4 製作工程を再現したモデリング例

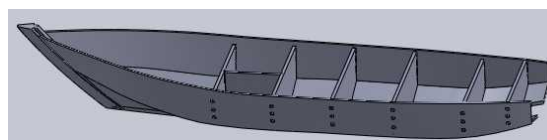


図5 完成したCAD モデル

(3)技能の動作を保存するためにモーションキャプチャシステムを用いて、木工作业において加工を施す職人の動きの保存を試みた。木材の加工の中でも難易度が高い鉋掛けのモーションを対象とし、その動作に慣れた作業者と初心者の動作を記録し、アニメーショ

ンを作成した。2次元的な映像では撮影を行ったカメラからの視点でしか観察できなかった動きが、3D-CG 動画という形で任意の方向からの観察が可能になり、実際の現場では観察が不可能な方向からキャプチャ動画を観察した結果より、作業の熟練度の違いが分析できることが明らかになった。

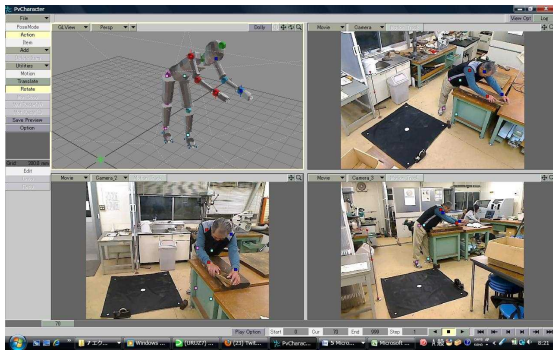


図 6 モーションキャプチャによる動作保存

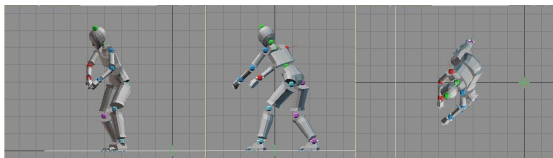


図 7 3D-CG で再現した鉋掛けの動き

また、手や指先等の細かい動きを再現するための指先のモデルを自作して人体用モデルに組み込み、体全体の動作に加え、より細かい指先の動きまでを同時に再現可能にした。手指を使った動作の熟練者と初心者の評価を行った結果、両者の動きに定量的な差があることを明らかにした。これを併用すれば、鉋掛けに限らず、手や指先を使った複雑な作業の様々なモーションの作成・保存が可能となる。この手法は、対象としている船大工の作業以外にも広範囲に利用できる方法であり、技能・技術の伝承に非常に有効である。実際にスポーツ競技の投てき動作にこれを適用して動作保存が可能となった。以上より、伝統技能の継承者が不在の場合でも高精度な情報として技能を保存可能にする基礎的な手法が提案できた。

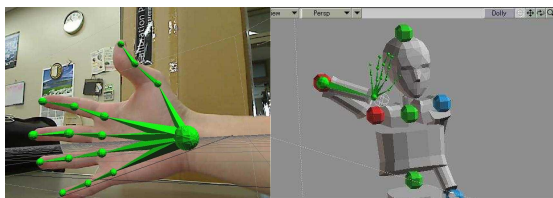


図 8 自作した手指のモデルと身体モデルへの組み込み

一方、動作の観察のみからでは分からない作業時の力の入れ方、勢いのつけ方などの記録も必要であることが判った。そこで、数種の運動における筋電位信号を計測・評価した。

その結果、熟練者と初心者では同じ動作でも力の入れ方の違いに起因して筋電位信号に差が表れることが明らかになった。この違いを利用して、作業時の筋電位を計測することにより、動作状態を観測し矯正する可能性を検討し、鉋掛けの動作において熟練者と異なる力の入れ方を被験者が行った場合に鉋の動きを強制停止させ、運動を強制する訓練装置を試作し、その有効性を確認した。

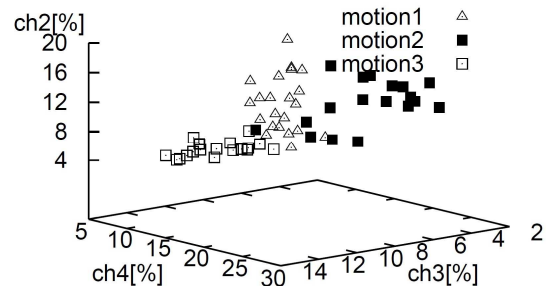


図 9 筋電位新号測定による動作の判別結果

(4) 3D-CAD で作成したモデルに対して CAE 解析を適用し、伝統技能の評価を行った。具体的には、船の航行時の流体解析と応力分布による評価を行った。船の航行時の流体解析結果を図 10 に示す。流跡線や、流体及びモデル表面の圧力分布を得ることが可能となっている。また、船の形状の違いによる特性も評価が可能であり、経験的な設計に対する定量的評価が可能となった。図 11 には上述の流体解析の結果を応力解析に適用したものを示す。乗船位置を変化させた解析結果はいずれも乗船位置を中心としたなだらかな応力分布となった。以上、流体解析と応力解析を組み合わせることで、波や風の影響、座席位置の違いなどの様々な状況を想定した評価・設計が可能となった。またこれらの結果より、職人の経験の蓄積と継承により製作された船の構造と形状が最適設計に近いことが明らかになった。

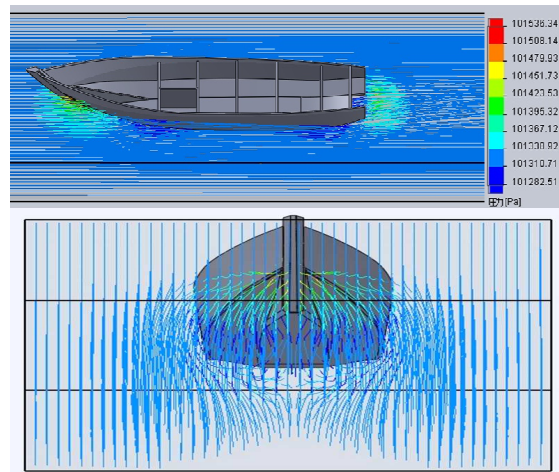


図 10 水上を想定した流体解析結果

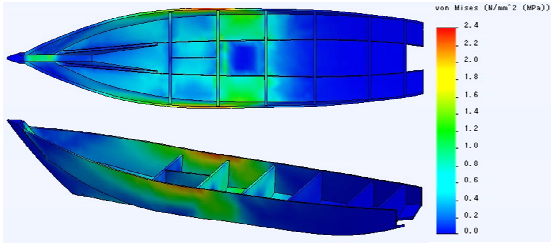


図 11 水上を航行中の応力解析結果

(5)各メディアの長所部分を活かした伝統技能の保存方法として html を使い、文章や静止画（写真、図）をより見やすく、コンパクトにまとめていくことで誰が見ても製作工程が理解しやすい形を目指した。細かく分類した各作業工程をそれぞれのページで区切り、写真や文章で詳しく説明した。静止画のみでは理解しにくい部分もあるが、そこに重要な場所だけをピックアップした動画とリンクさせることで実際の作業を見えやすくした。また、実際の工程を CAD 上ではどのように表現しているのかを確認しやすくするために、それぞれのページには、実際の作業と CAD 上での作業を行き来できるようにリンクを張った（図 12）。

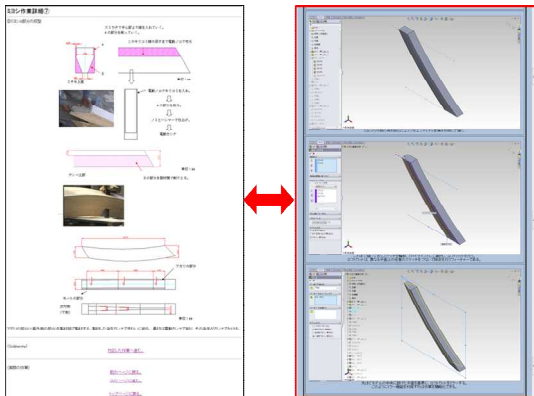


図 12 実際の工程と CAD 表現のリンク

船の構造の数値的情報をもった CAD データは、Acrobat 3D により PDF 化したファイルとリンクさせ、3D 表示で確認できるようにした。このように各メディアを、html を基軸にして結びつけることで、伝統技能の保存と継承の効率を向上させることができた。

最後に構築したデータベースを活用し、未経験者を被験者にしてメディアのみでの技能習得を検証した。4名の被験者に今回構築したデータベースによる技能伝承のみで図 2 と同様のスケールモデルを製作させた結果、データベースを活用しない場合と比較して平均で約 3 分の 1 の作業時間で完成させることが可能となったため、本研究の手法の有効性が確認された。なお、構築したデータベー

スは下関市豊北歴史民俗資料館に寄贈する。

5. 主な発表論文等

（研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線）

〔学会発表〕（計 14 件）

- ① 大淵慶史, 坂本英俊, 吉留徹, 清水学, 伝統技能の保存と継承のためのマルチメディア活用技術の開発(第 7 報), 日本工学教育協会平成 25 年度工学教育研究講演会, 2013. 8. 29 発表予定, 新潟大学(新潟市)
- ② 清水学, 大淵慶史, 坂本英俊, CAE 応用による伝統技能の定量的評価と最適設計, 日本機械学会九州支部第 66 期総会・講演会, 2013. 3. 13, 九州産業大学(福岡市)
- ③ 清水学, 大淵慶史, 坂本英俊, 伝統技能の保存と継承のための 3 次元 CAD 活用技術, 日本機械学会九州学生会第 44 回学生員卒業研究発表講演会, 2013. 3. 6, 阿蘇ファームランド(熊本県阿蘇郡)
- ④ 山本睦人, 大淵慶史, 坂本英俊, Preservation and Succession of Skilled Motion by Capturing of Human Body Motion, 2nd International Joint Seminar on Engineering Education in Asia, 2012. 12. 27, 熊本大学(熊本市)
- ⑤ 馬場祐基, 大淵慶史, 坂本英俊, Development of Evaluation Method of Skilled Operation by Motion Data Acquisition, 2nd International Joint Seminar on Engineering Education in Asia, 2012. 12. 27, 熊本大学(熊本市)
- ⑥ 清水学, 大淵慶史, 坂本英俊, Preservation and Succession of Traditional Skill using Multimedia Technology, 2nd International Joint Seminar on Engineering Education in Asia, 2012. 12. 27, 熊本大学(熊本市)
- ⑦ 平野 暁, 原田博之, 大淵慶史, 筋電信号の処理による動作識別とその応用, 第 31 回計測自動制御学会九州支部学術講演会, 2012. 12. 8, 熊本大学(熊本市)
- ⑧ 清水学, 山本睦人, 大淵慶史, 坂本英俊, 伝統技能の保存と継承のためのデジタルツール活用, 日本機械学会第 20 回機械材料・材料加工技術講演会, 2012. 12. 2, 大阪工業大学(大阪市)
- ⑨ 大淵慶史, 坂本英俊, 山本睦人, 吉留徹, 伝統技能の保存と継承のためのマルチメディア活用技術の開発(第 6 報), 日本工学教育協会平成 24 年度工学教育研究講演会, 2012. 8. 24, 芝浦工業大学(東京都)
- ⑩ 山本睦人, 大淵慶史, 坂本英俊, 生体運動情報収集による動作の保存と継承, 日本機械学会九州学生会第 43 回学生員卒業研究発表講演会, 2012. 3. 12, 佐世保工業

- 高等専門学校(佐世保市)
- ⑪ 大淵慶史, 坂本英俊, 馬場祐基, 吉留徹, 伝統技能の保存と継承のためのマルチメディア活用技術の開発(第5報), 日本工学教育協会平成23年度工学教育研究講演会, 2011.9.10, 北海道大学(札幌市)
 - ⑫ 馬場祐基, 大淵慶史, 坂本英俊, 伝統技能の保存と継承のためのマルチメディア活用技術, 日本機械学会九州学生会第42回学生員卒業研究発表講演会, 2011.3.11, 大分工業高等専門学校(大分県)
 - ⑬ 中西佑介, 三宅彩加, 原田博之, 大淵慶史, 筋電信号処理を用いた運動矯正, 第29回計測自動制御学会九州支部学術講演会, 2010.12.4, 宮崎大学(宮崎市)
 - ⑭ 大淵慶史, 坂本英俊, 石井啓寛, 吉留徹, 伝統技能の保存と継承のためのマルチメディア活用技術の開発(第4報), 日本工学教育協会平成22年度工学・工業教育研究講演会, 2010.8.22, 東北大学(仙台市)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

大淵 慶史 (OHBUCHI YOSHIFUMI)
熊本大学・工学部・准教授
研究者番号: 10176993

(2) 研究分担者

坂本 英俊 (SAKAMOTO HIDETOSHI)
熊本大学・自然科学研究科・教授
研究者番号: 10153917

(3) 研究協力者

原田 博之 (HARADA HIROSHI)
熊本大学・自然科学研究科・教授
研究者番号: 90145285

(4) 研究協力者

吉留 徹 (YOSHIDOME TORU)
下関市・豊北歴史民俗資料館・学芸係長
研究者番号: なし