

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 6 日現在

機関番号：12608

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2014～2015

課題番号：26540103

研究課題名(和文) 生き生きとした動きをする自動あやつり人形の開発と技能伝承および文化創造への応用

研究課題名(英文) Development of the lively automatic marionette, and application to the traditional skills lore and cultural creation

研究代表者

佐藤 誠 (SATO, MAKOTO)

東京工業大学・精密工学研究所・教授

研究者番号：50114872

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,900,000円

研究成果の概要(和文)：日本の重要な無形文化財である「あやつり人形」遣いの技能を特徴別に分類し、技能の記録、技能の難易度の数値化を行い、糸を使った芸術表現を提示するために年度ごとに設定された研究目標に向かって研究開発を行った。・平成26年度【生き生きとしたあやつり人形の要因の解明】・平成27年度【あやつり人形を工学的に再現】

以上の研究開発を行い、操作性、有効性、実用性などの評価実験を行い、今後の課題を明らかにした。

研究成果の概要(英文)：We classified the skills of an important intangible cultural heritage of Japan "marionette", recorded them and quantified the difficulty of them. We carried out the research and development toward the research goals set in each fiscal year in order to present the artistic expression with strings. 2014 [Elucidation of the factors of a lively marionette] 2015 [Engineering reproduce of a marionette]
And we clarified the future issues.

研究分野：情報学

キーワード：ヒューマンインタフェース バーチャルリアリティ

1. 研究開始当初の背景

「国記録選択無形民俗文化財・東京都無形文化財」に指定されている「江戸系あやつり人形 結城座」は古典、新作、海外共同制作と多彩な活動を続け約370周年を迎える江戸時代から続く日本の重要文化の一つである。また、海外では広くマリオネットとしてあやつり系の文化が定着しており、特にチェコでは人形劇が国の伝統文化として国立のマリオネット劇場がある。

我々はこれまでに糸を使った力覚提示装置の開発に従事してきた。その経験を生かして、糸を使った芸術表現を提示するために、表現の科学的分析および工学的技術を駆使した新しい自動あやつり糸の開発を試みる。

2. 研究の目的

日本の重要な無形文化財である「あやつり人形」。この「あやつり人形」を生き生きとさせているのはどのような要因があるのか。「あやつり人形」遣いの技能を特徴別に分類し、技能の記録、技能の難易度の数値化を行い、糸を使った芸術表現を提示するために表現の科学的分析を行う。そして、高速・高精細な糸の制御（位置制御+力制御）による工学的技術を駆使した、精度と生き物のような柔軟さの双方の特徴を持つ新しい「自動あやつり人形」の開発を目指す。提案する「自動あやつり人形」により、周りの環境とインタラクション可能なシステムが構築できるので、これまでにない、新しい文化の創造に応用できると考える。そして、古典の伝承・「あやつり人形遣い」の若手育成・世界の「マリオネット文化圏」への情報発信に貢献できると考える。

3. 研究の方法

・平成26年度

【生き生きとしたあやつり人形の要因の解明】

あやつり人形遣いの技能の解析を行う。特に、指先を巧みに使い細かな表現や操作プレートの動きに連動した指先の動きを計測する。そして、技能を特徴別に分類し、技能の記録、技能の難易度の数値化を行う。

また、糸を積極的に観客に見せたほうが効果的なのか、そうでないほうが良いのかをいくつかの特徴的な演目を取り上げて演目内容と共に検証する。

そして、「人形遣い」の存在が演目に与える影響も調査し、いつの間にか「人形遣い」の存在を忘れまるであやつり人形が自分の

意思で演じているかのように見入ってしまう原因を調査する。

・平成27年度

【あやつり人形を工学的に再現】

「自動あやつり人形」を構築するため、糸および駆動用モータの配置を含めたフレームの設計を行う。演目に必要な空間を含む直方体のフレームを用意し、24個のモータを配置する。モータにプーリを取り付けプーリにまかれたワイヤを人形の各関節に接続する。この時、人形の自由な行動を極力遮ることがないようにまた、精度よく計測および提示が可能ないように配置する。

26年度に設計した計測および提示アルゴリズムを各関節に適応するため、それぞれの研究成果を統合する。FPGA および NVIDIA 社製 GPU 搭載 Tegra プロセッサを用いた専用コントローラ内で1kHz以上の更新周波数で糸長から各関節すべての位置・姿勢を計算する。提案するアルゴリズムにより人形のある姿勢において最も効率の良いワイヤを選択する。同時にその関節に対して最も効率よく制御可能な糸を駆動し人形の動作を行うシステムを構築する。

そしてシステムの評価実験を行う。提案アルゴリズムにより有効なワイヤとそうでないワイヤの判別が可能であるので、ワイヤどうしが干渉あるいは、ワイヤが人形と干渉しても計測および力覚提示が可能かどうかを実際のシステム上で行う。もし干渉によって人形の行動に制約が生じてしまう問題が発生した場合、該当する関節に対し駆動用モータを追加し、干渉を回避する。「自由あやつり人形」に技能分類から得られた基本行動をおこない、その行動の精度を計測する。また、被験者とのインタラクションの可能性を実験から検証する。

4. 研究成果

生き生きとした動きをする「自動あやつり人形」を開発するために、あやつり人形遣いの技能の解析を行った。特に、指先を巧みに使い細かな表現や操作プレートの動きに連動した指先の動きに着目した。そして、技能を特徴別に分類し、技能の記録、技能の難易度の数値化を行った。「自動あやつり人形」を構築するため、糸および駆動用モータの配置を含めた環境設計を行った。特に高速な糸制御が必要となるので、FPGA および NVIDIA 社製 GPU 搭載 Tegra プロセッサを用いた専用コントローラを開発した。そして、1kHz以上の更新周波数で糸長から各関節す

すべての位置・姿勢を計算し、精度と生き物のような柔軟さの双方の特徴を持つシステムを構築した。評価実験として「自由あやつり人形」に技能分類から得られた基本行動をおこない、その行動の精度を計測した。また、被験者とのインタラクションの可能性を実験から検証した。

具体的には以下のとおりである。

・平成26年度

【生き生きとしたあやつり人形の要因の解明】

あやつり人形遣いの技能の解析を行った。特に、指先を巧みに使い細かな表現や操作プレートの動きに連動した指先の動きを計測した。そして、技能を特徴別に分類し、技能の記録、技能の難易度の数値化を行った。

・平成27年度

【あやつり人形を工学的に再現】

26年度に設計した計測および提示アルゴリズムを各関節に適用するため、それぞれの研究成果を統合した。FPGA および NVIDIA 社製 GPU 搭載 Tegra プロセッサを用いた専用コントローラ内で 1kHz 以上の更新周波数で系長から各関節すべての位置・姿勢を計算した。システムの評価実験として、提案アルゴリズムにより有効なワイヤとそうでないワイヤの判別が可能であるので、ワイヤどうしが干渉あるいは、ワイヤが人形と干渉しても計測および力覚提示が可能かどうかを実際のシステム上で行った。

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)

〔雑誌論文〕(計 5 件)

川喜田 裕之, 中川 俊夫, 佐藤 誠: Augmented TV: 携帯端末内蔵カメラを用いて TV の映像を画面外へ拡張するシステム, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol.19, No.3, pp. 319-328, 2014 査読有

Anusha JAYASIRI, Katsuhito AKAHANE, Makoto SATO: Adding 3D Interactivity to a 2D Image Sequence Using the String-Based Haptic Device, IEEEJ Transactions on Image Electronics and Visual Computing, Vol.2, No.2, pp.159-167, 2014 査読有

赤羽 克仁, 肥後 明豪, 佐藤 誠: ワイヤ駆動型力覚提示装置における受動粘性制御の提案, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, ハプティックコンテンツ特集号, Vol.19, No.4,

pp.495-502, 2014 査読有

本多 健二, 佐藤 誠: デジタルフロー解析に基づいた画像二値化手法, 画像電子学会誌, Vol.44, No.4, pp.657-664, 2015 査読有

川喜田 裕之, 中川 俊夫, 佐藤 誠: 携帯端末による TV 画面の位置と姿勢の推定方法, 情報処理学会論文誌, コンシューマ・デバイス&システム, Vol.5, No.4, pp.61-69, 2015 査読有

〔学会発表〕(計 21 件)

Hiroyuki Kawakita, Michihiro Uehara, Toshio Nakagawa, Makoto Sato: Development of a TV System Augmented Outside the TV Screen, The 22nd International Display Workshops (IDW '15), Shiga, Japan, pp.1449-1452, ISSN-L1883-2490/22/1449, 2015.12.9-11, Invited

Takeo Hamada, Hironori Mitake, Shoichi Hasegawa, Makoto Sato: A Teleoperated Bottom Wiper, The 6th Augmented Human International Conference (AH'15), Marina Bay Sands Expo and Convention Centre, Singapore, pp.145-150, 2015.3.11

Anusha Jayasiri, Katsuhito Akahane, Makoto Sato: 3D Translational Haptic Motion Rendering from a 2D Image Sequence, 3DSA2014 Korea, Seoul, Korea, CD, No.2014-084, 2014.5.28-30

Takahiro Okubo, Katsuhito Akahane, Makoto Sato: An Animal Image Haptization System with 3D Model, NICOGRAPH International 2014, Gotland, Sweden, CD, 2014.5.30-6.1

永井 一樹, 田上 想馬, 赤羽 克仁, 佐藤 誠: 没入型 VR 環境のためのウェアラブル手首力覚提示デバイス, Entertainment Computing 2015, 日本, 札幌, USB, 2015.9.25-27

銭 亦ハシ, 赤羽 克仁, 佐藤 誠: 可動するウェアラブルファッションの検討, 第 20 回日本バーチャルリアリティ学会, pp. 170-171, 日本, 東京, 2015.9.9-11

川喜田 裕之, 半田 拓也, 上原 道宏, 中川 俊夫, 佐藤 誠: Augmented TV における同期誤差に起因する不連続性に関する考察, 第 20 回日本バーチャルリアリティ学会, pp.240-241, 日本, 東京, 2015.9.9-11

川崎 太雅, 赤羽 克仁, 長谷川 晶一, 佐藤 誠: 力覚提示によるストリートダンス訓練シ

ステムの提案, 第 20 回日本バーチャルリアリティ学会, pp.471-474, 日本, 東京, 2015.9.9-11

永井 一樹, 田上 相馬, 赤羽 克仁, 佐藤 誠: 装着可能な力覚提示デバイスの開発について, 第 20 回日本バーチャルリアリティ学会, pp.148-149, 日本, 東京, 2015.9.9-11

内山 貴雄, 赤羽 克仁, 長谷川 晶一, 佐藤 誠: 高速な多指操作シミュレーションのための柔軟な指先モデルの提案, 第 20 回日本バーチャルリアリティ学会, pp.68-71, 日本, 東京, 2015.9.9-11

田中 駿, 赤羽 克仁, 田中 弘美, 佐藤 誠: 手首力覚提示による手術教示システムに関する研究, 第 20 回日本バーチャルリアリティ学会, pp.72-73, 日本, 東京, 2015.9.9-11

三宅 慧, 小金山 洋, 赤羽 克仁, 佐藤 誠: 両手 10 本の指先位置情報を基にした 3D 手モデルによる VR 操作システムの構築, 第 19 回日本バーチャルリアリティ学会大会, pp.604-607, 日本, 名古屋, 2014.9.17-19

〔図書〕(計 1 件)

Takahiro Okubo, Katsuhito Akahane and Makoto Sato: Haptic Interaction (分担), A Proposal of Model-Based Haptization System for Animal Images, Springer Japan 2015, PART , pp.313-316, DOI: 10.1007/978-4-431-55690-9_57, 2015

〔産業財産権〕

○出願状況 (計 2 件)

名称: 装着型力覚提示装置

発明者: 佐藤 誠, 田上 想馬

権利者: 国立大学法人 東京工業大学

種類: 特許

番号: 2014-0118

出願年月日: 2015 年 4 月 8 日

国内外の別: 国内

名称: 装着型力覚提示装置

発明者: 佐藤 誠, 徐 美玲

権利者: 国立大学法人 東京工業大学

種類: 特許

番号: 2014-0007

出願年月日: 2015 年 4 月 30 日

国内外の別: 国内

○取得状況 (計 1 件)

名称: 力覚提示装置

発明者: 佐藤 誠, 五十嵐 達郎

権利者: 国立大学法人 東京工業大学

種類: 特許

番号: 5733825

取得年月日: 2015 年 4 月 24 日

国内外の別: 国内

〔その他〕

ホームページ等

<http://sklab-www.pi.titech.ac.jp/blog/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

佐藤 誠 (MAKOTO SATO)

東京工業大学・精密工学研究所・教授

研究者番号: 50114872

(2) 研究分担者

赤羽 克仁 (KATSUHITO AKAHANE)

東京工業大学・精密工学研究所・助教

研究者番号: 70500007