

平成 21 年 6 月 29 日現在

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2007～2008

課題番号：19700104

研究課題名（和文）異方性反射特性を持つ柔軟文化財の可視化と可触化

研究課題名（英文）Haptization and Visualization of Soft Cultural Property with Anisotropy Reflection

研究代表者

尹 新 (Yin Xin)

立命館大学・衣笠総合研究機構・研究員

研究者番号：80425024

研究成果の概要：浮世絵と能装束が日本代表的な文化である。それらの文化財を仮想空間の中で忠実に再現し、高臨場感を実現することが研究目的となる。具体的に、光源の方向を変え、固定したカメラで撮影した多方向照明画像を解析することにより獲得した文化財表面の微細構造に基づく、仮想の色と仮想皮膚触覚を再現する。最後に、3次元ディスプレイ、触覚提示デバイスなど装置でシステムを実装し、ユーザが仮想浮世絵と仮想能装束を触りながら、鑑賞することを実現した。

交付額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	2,000,000	0	2,000,000
2008年度	1,300,000	390,000	1,690,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,300,000	390,000	3,690,000

研究分野：情報学

科研費の分科・細目：情報学・メディア情報学、データベース

キーワード：皮膚触覚，コンピュータグラフィクス，文化財，能，浮世絵，異方性反射

## 1. 研究開始当初の背景

(1) 世界各国が、文化に関連する情報技術の開発に力を入れている。最新の情報処理技術を用いて自国の文化財をデジタル化し、大きなプロジェクトを立ち上げ、デジタル博物館として、世界の観客に向けて発信している。

(2) 文化財のバーチャル展示システムが幾つか開発されたが、それら研究は、主に視覚情報の提示に関する研究となっている。視覚情報を含めた“五感”を提示できる高臨場感展示システムの開発が求められる。

## 2. 研究の目的

(1) 本研究の目的は、仮想空間の中に、浮世絵や能衣装のような柔軟な文化財の色情報、変形などの視覚情報および表面の粗さなど触覚情報を観客に提示することである。ちなみに、文化財をデジタル復元し、観客が時空を越え、昔の人と同じく文化財を“体験”できるシステムを開発する。

(2) 技術開発に関連する研究目的は、主に多方向照明画像から物体表面微細構造の抽出技術、浮世絵と能装束画像のリアタイムレンダリング技術および皮膚触覚提示のための振動信号の抽出技術などである。

### 3. 研究の方法

(1) 多方向照明画像から物体表面微細構造の抽出するため、まず、カメラを固定し、光源の位置を変え、複数画像を撮影する。次に、正反射方向を抽出することで、法線マップを求め、法線マップから積分計算による、微細構造を表す高さマップを求め、

(2) 計測した多方向照明画像から求めた各ピクセルの反射特性から反射モデルのパラメータを抽出し、文化財の色など視覚情報をレンダリングする。

(3) 抽出した物体表面の微細構造から、指が物体を触るときに発生する振動を求め、その振動信号を振動式デバイスにより皮膚触覚提示する。

(4) 3次元ディスプレイ、力提示デバイス、振動式皮膚触覚デバイスにより視覚情報と触覚情報を提示できるシステムを完成する。

### 4. 研究成果

(1) 貴重な文化財は価値があり、直接触れない。そこで、光学式非接触表面微細構造の計測法を提案した。まず、カメラの位置を固定し、照明の方向を変え、物体の多方向照明画像を計測する。次に、入射光の方向によってその色の変化が生じる。反射光が最強の時には、正反射とみられ、このときの入射光と反射光のハフベクトルは物体表面の法線方向として求める。図1では、浮世絵の表面法線方向を表す画像を示す。色のRGB成分は法線ベクトルのXYZ成分を示している。さらに、これに基づき、積分計算を行い、物体表面微細構造の高さ情報を求める。

(2) 研究の文化財の可視化部分において、反射パラメータを自動的に抽出でき、実時間のレンダリングアルゴリズムを開発した。

ここで、浮世絵のレンダリングにおける技術開発を説明しましょう。浮世絵を製作の際



図1. 法線画像

には、様々な技法で、浮世絵の表面に凹凸形状を作り、照明や視線の方向の変化によって浮世絵の色は様々な変化が生じる。そこで、文化財である浮世絵の表面反射を前に述べた手法で多方向照明画像を計測し、表面微細構造データを抽出すると共に、反射モデルのパラメータを計測したデータにフィテングすることにより、浮世絵の光の反射を忠実に再現する。図2には、その結果を示す。



図2. 浮世絵レンダリング結果

本手法は、浮世絵表面の顔料の光反射モデルと和紙繊維反射モデルを組み合わせることで、新たなレンダリング手法として提案された。また、実際の計測データにより、反射モデルを構築されたため、実時間で且つリアルな浮世絵反射の表現を実現した。

本研究では、浮世絵のレンダリングに関する研究における、有数な研究となり、国内外において、進んでいる。浮世絵の反射特性の一つアイコンの手法として適用できる。今後の展望としては、インターネットベースのデジタル博物館に展開することを挙げられる。ウェブ上で展示するときには、これまでの1枚画像を展示することを代わりに、照明方向を変えるときに、物体表面の色変化も展示可能となり、より多く情報をユーザに提示することが実現できると見込みがある。

(3) 本研究の文化財の可触化の研究成果については、すでに獲得した物体表面の微細構造から様々な波形を生成し、皮膚触覚提示デバイスに出力し、他の感覚からの錯覚より触覚に対する影響などを調べると共に、よりリアルな皮膚触覚提示できる研究を行っていた。具体的に、指紋が物体表面に接触する際には、物体表面と衝突し、振動が発生する。本研究では、その衝突現象を簡略モデルとして、何種類のsin波に分解し、機械振動信号として提案した。また、摩擦音が皮膚触覚に対する影響についても、調査を行った。

この研究は、シンプルな触覚生成アルゴリ



図3．全体のシステム

ズムで、振動式デバイスだけで、皮膚触覚を増強した。このような処理で、臨場感を向上し、本来が触れないものが触れるようになった。

(4)最後に、全体のシステムを実装し、ユーザは仮想空間の中に、文化財を鑑賞しながら、本来触れない文化財を触れるようにした。図3には、そのシステムを示す。このシステムは、3次元ディスプレイ(3D Immersive Workbench)、力提示装置 PHANTOM、および振動式皮膚触覚提示装置で構成している。3次元ディスプレイは本研究の可視化部分で開発した技術で提示した視覚情報を再現する。力提示装置 PHANTOM は仮想物体を触る際に、その反力を提示する。振動式の皮膚触覚提示装置は本研究の可触化の部分で開発した技術で生成した振動信号により、皮膚触覚を実現する。

このシステムは、皮膚触覚提示を加えることで、より高臨場感を得ることが実現した。次世代デジタル博物館では、視覚、聴覚、触覚、味覚、嗅覚など人間の五感を表現できるとの目標をしています。本システムは、高臨場感を得ることが可能な次世代のデジタル博物館の試作となっている。将来に、味覚と嗅覚を導入することを望ましい。

本研究の一つの特徴として、文理の融合であり、情報処理技術を用いて人文研究を支援するため、有効な文化財を提示する手法を提案した。開発された文化財皮膚触覚提示システムは、日本の伝統文化を代表する文化財浮世絵と能衣装をバーチャル世界の中で触りながら鑑賞できることを実現した。観客が仮想の文化財の触りながら、文化を”体験”できる。文化の一つの有効な発信手法として確認できる。将来的に、その文化の表現から生まれた情報処理技術は、ゲーム、遠隔医療、デザイン、教育など様々な分野へ展開されることが期待できる。また、今後、少数画像から皮膚触覚パラメータを抽出でき、触覚デバイスの性能を向上することと共に、このシステムが実用化することを望ましい。例えば、

携帯など通信機器に、今回開発された視覚提示技術と皮膚触覚提示技術を追加することで、触覚通信との新たな通信システムが実現に向けて、大きな前進と言える。本研究で生まれた技術で社会生活の各方面に影響がでて来ると思っている。

#### 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)

#### [雑誌論文](計2件)

Xin Yin, Weiwei Xu, Ryo Akama, and Hiromi T.Tanaka. A Synthesis of 3-D Kabuki Face from Ancient 2-D Images Using Multilevel Radial Basis Function. The Journal of the Society for Art and Science, Vol.7, No.1, pp.14-21, 2008.

(査読有り)

Xin Yin, Tadahiro Fujimoto, Norishige Chiba, and Hiromi T.Tanaka. Modeling of Wood Aging Caused by Biological Deterioration. Journal of Advanced Computational Intelligence and Intelligent Informatics, Vol.12, No.2, pp.125-131, 2008. (査読あり)

#### [学会発表](計26件)

- 1 Xin Yin, and Hiromi T. Tanaka. Developing a next-generation virtual museum of traditional Japanese arts based on multi-view image analysis. in Program and abstracts of the 37th annual international conference on Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology (CAA 2009). pp.242-243, Williamsburg, USA, March 25th, 2009. (査読あり)
- 2 野村 和義, 尹 新, 田中 弘美. 物体表面微細構造に基づく皮膚刺激信号パラメータの抽出. 日本情報処理学会第71回(平成21年)全国大会講演論文集(4), pp.131-132, 立命館大学, 2009年3月12日. (査読なし)
- 3 尹 新, 野村 和義, 田中 弘美. “仮想文化財の皮膚触覚提示”.人文科学とコンピュータシンポジウム(じんもんこん2008)論文集, IPSJ Symposium Series Vol.2008, No.15, pp.373-378, 筑波大学, 2008年12月21日. (査読あり)
- 4 Xin Yin, Kazuyoshi Nomura, and Hiromi T.Tanaka. Cutaneous Tactile Synthesis for Cultural Heritage Exhibition. In 9th International Symposium on Virtual Reality, Archaeology and Intelligent Cultural Heritage, VAST 2008, pp.63-69, Braga, Portugal, December.4th, 2008.

- ( 査読あり )
- 5 Xin Yin, Kazuyoshi Nomura, and Hiromi T.Tanaka. Vibration Signal Synthesis for Representing Cutaneous Tactile. In Proceedings of 18th International Conference on Artificial Reality and Telexistence , ICAT 2008, pp.323-326, Yokohama, Japan, December.3th, 2008. ( 査読あり )
  - 6 Xin Yin, Kazuyoshi Nomura, and Hiromi T.Tanaka. Cutaneous Tactile Rendering Based on Constructed Meso-Structure. In The Fourth Joint Workshop on Machine Perception and Robotics. Beijing, China, November.7th, 2008. ( 査読なし )
  - 7 野村 和義, 尹 新, 田中 弘美. 音と振動による文化財鑑賞システムの研究. 第13回日本バーチャルリアリティ学会大会論文集. pp.666-669, 奈良先端科学技術大学院大学, 2008年9月26日.( 査読なし )
  - 8 Xin Yin, Tetsu Eto, Ryo Akama, Kazuaki Nagai, and Hiromi T. Tanaka. Virtual Printing and Representing Appearance of Hanpon . 情報処理学会「画像の認識・理解シンポジウム(MIRU'08)」論文集, 軽井沢, pp.1288-1293, 2008年7月31日.( 査読あり )
  - 9 Xin Yin, Tetsu Eto, Ryo Akama, Kazuaki Nagai, and Hiromi T. Tanaka. Digital Woodcut Measurement and Ancient Hanpon Rendering. 2008 ASIAGRAPH 論文集 .Vol.2, No.1, pp.31-36, Shanghai, China, June 27th, 2008. ( 査読あり )
  - 10 Xin Yin, Tadahiro Fujimoto, Norishige Chiba, and Hiromi T. Tanaka. Automatic Modeling Naural Object Based on Colony Optimization. 2008 ASIAGRAPH 論文集 .Vol.2, No.1, p.328, Shanghai, China, June 27th, 2008. ( 査読あり )
  - 11 尹 新, 衛藤 徹, 赤間 亮, 永井 一彰, 田中 弘美. 三次元デジタル板木を用いて版木の仮想印刷とレンダリング. 第4回デジタルコンテンツシンポジウム講演予稿集, 5-3, 千葉, 2008年6月12日.( 査読なし )
  - 12 尹 新, 衛藤 徹, 赤間 亮, 永井 一彰, 田中 弘美. 印刷文化財のモデリングとレンダリング. 文化遺産のデジタルドキュメンテーションと利活用に関するワークショップ予稿集. pp.70-75. 奈良文化財研究所, 2008年3月9日.( 査読なし )
  - 13 Kangying Cai , Xin Yin , and Hiromi T.Tanaka. GPU-based Efficient Transparency Rendering. in Poster Proceedings of IEEE Pacific Visualization Symposium 2008 (PacificVis 2008), pp.17-18, Kyoto, Japan, March 7th, 2008. ( 査読あり )
  - 14 衛藤 徹, 尹 新, 赤間 亮, 永井 一彰, 田中 弘美. “板木”の3次元デジタルアーカイビングプロジェクト -大規模距離画像の統合と仮想印刷への応用- .動的画像処理実利用化ワークショップ 2008 (DIA2008)講演論文集, pp.294-298, 中京大学, 2008年3月6日.( 査読なし )
  - 15 Tetsu Eto, Terushige Uraoka, Xin Yin, Ryo Akama, Kazuaki Nagai, and Hiromi T.Tanaka. Virtual Printing Using Aligned 3D Digital Woodblock. in Proceedings of 14th Korea-Japan Joint Workshop on Frontiers of Computer Vision (FCV2008), pp.313-317, Beppu, Japan, January 26th. 2008. ( 査読あり )
  - 16 蔡 康穎, 尹 新, 田中 弘美. 透過性を持つ能装束のリアルタイム表現法. 第13回公開シンポジウム, 人文科学とデータベース, pp.81-88, 奈良女子大学, 2007年12月22日.( 査読なし )
  - 17 尹 新, 赤間 亮, 田中 弘美. 浮世絵レンダリングのための和紙繊維の構築. 人文科学とコンピュータシンポジウム(じんもんこん 2007) 論文集, IPSJ Symposium Series Vol.2007, No.15, pp.355-360, 京都, 2007年12月15日.( 査読あり )
  - 18 Xin Yin, Kangying Cai, Yuki Takeda, Ryo Akama, and Hiromi T.Tanaka. Representing Appearance of Ancient Japanese Drawing Named Ukiyo-e. In the 8th International Symposium on Virtual Reality, Archaeology and Intelligent Cultural Heritage, VAST 2007, pp.9-14, Brighton, UK, November 30th, 2007.
  - 19 Kangying Cai, Xin Yin, and Hiromi T.Tanaka. Efficient and realistic rendering of Noh Gossamer Costume, In VAST2007-Future Technologies to Empower Heritage Professionals, pp.98-105, Brighton, UK, November 30th, 2007. ( 査読あり )
  - 20 Xin Yin, Kangying Cai, Yuki Takeda, Ryo Akama, and Hiromi T.Tanaka. Measurement of Reflection Properties in Ancient Japanese Drawing Ukiyo-e. in Proceedings of 8th Asian Conference on Computer Vision (ACCV 2007), Part I, LNCS 4843, pp.779-788, Tokyo, Japan, November 20th, 2007. ( 査読あり )
  - 21 Xin Yin, Kangying Cai, Ryo Akama, and Hiromi T.Tanaka. Rendering of Ancient Japanese Drawing Based on Measured Data. In Proceedings of the 13th International Conference on Virtual

- Systems and Multimedia (VSMM'07), in CD-ROM, Brisbane, Australia, September 25th, 2007. (査読あり)
- 22 Xin Yin, Kangying Cai, Yuki Takeda, Ryo Akama and Hiromi T.Tanaka. Capturing and Representing the Reflection of Ukiyo-e. 日本バーチャルリアリティ学会第 12 回大会. 1D3-1, 九州大学, 2007 年 9 月 19 日.(査読なし)
- 23 Kangying Cai, Xin Yin and Hiromi T.Tanaka. Efficient and realistic rendering of Noh Gossamer Costume. 日本バーチャルリアリティ学会第 12 回大会. 1D3-2, 九州大学, 2007 年 9 月 19 日. (査読なし)
- 24 Kangying Cai, Xin Yin and Hiromi T.Tanaka. Efficient and realistic rendering of Noh Gossamer Costume. 第 1 回ビジュアルデータマイニング研究会, 012, 京都, 2007 年 9 月 1 日.(査読なし)
- 25 Xin Yin, Kangying Cai, Yuki Takeda, Ryo Akama and Hiromi T.Tanaka. Rendering of the Karazuri and the Kirazuri of Ukiyo-e. 情報処理学会「画像の認識・理解シンポジウム(MIRU'07)」論文集, 広島市立大学, pp.893-898, 2007 年 7 月 31 日.
- 26 Xin Yin, Kangying Cai, Ryo Akama and Hiromi T.Tanaka. Rendering of Ukiyo-e Include the Fiber in the Japanese Paper. 第 3 回デジタルコンテンツシンポジウム論文集, 1-3, 東京, 2007 年 6 月 6 日.(査読なし)

〔その他〕

報道

- (1)「日本動漫産業のインスピレーション」, 中国経営報, 2008 年 7 月 7 日.(中国語)
- (2)「美しさそのままに 能装束デジタル保存 (開発ソフトで光の反射解析)」, 朝日新聞, 2007 年 12 月 19 日.

ホームページ:

- (1) <http://cv.ci.ritsumei.ac.jp/~yin/>
- (2) <http://cv.ci.ritsumei.ac.jp/haptic/eh2009/>

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

尹 新(Yin Xin)

立命館大学・衣笠総合研究機構・研究員

研究者番号: 8 0 4 2 5 0 2 4

### (2) 研究分担者

### (3) 連携研究者