

令和 6 年 6 月 21 日現在

機関番号：13501

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2020～2023

課題番号：20H04472

研究課題名(和文) 織物パターンの共創デザイン基盤の構築

研究課題名(英文) Construction of Co-creation Design Platform for Textile Patterns

研究代表者

豊浦 正広 (Toyoura, Masahiro)

山梨大学・大学院総合研究部・教授

研究者番号：80550780

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,500,000円

研究成果の概要(和文)：本研究課題では、織物技巧と織物スタイルを計算論的にモデル化した上で、これらをデザイナーが自由に利用でき、共創的に織物をデザインするための情報技術基盤の構築を目指した。(1)コンピュータ支援によってはじめて実現可能な織物技巧の開発、(2)織物作品のデータベース化と技術転写手法の確立、(3)織物パターンの共創的デザイン基盤の構築、をそれぞれ目標に挙げ、これらを実現した。画像生成AIは急速に進化しており、本研究課題の範囲にとどまらず、デザイン業界全体の作業工程までもが変わりつつある。本研究の中でも、AIの効果的な利用方法の検討を進め、次なる研究課題への足掛かりを作ることができた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

有史以前から、様々な織物技巧や織物スタイルが、日本に限らず世界各地で開発されてきた。一方で、織物技巧・織物スタイルの計算論的な理解とモデル化は現在でも議論が進んでおらず、世界的にもコンピュータによる支援の例はほとんどなかった。

日本の伝統織物産業は、近年では、職人高齢化・後継者不足による技術損失と安価な海外製品による市場圧迫が深刻であり、情報技術による織物技巧や織物スタイルの保存が、織物産業の復興のために強く求められていた。最近では、我々の開発してきた技術が、新たな商品価値の創造に直接貢献できるようになってきた。

研究成果の概要(英文)：This project aims to establish a technical foundation for co-creative textile design based on computational modeling of textile techniques and styles that can be used by textile designers. The goals of this project are to develop computer-aided textile design technology, establish a database of textile works and a style transfer method, and build a co-creative design infrastructure for textile patterns.

Image-generative AI is developing rapidly and is changing not only the scope of this research project, but also the work process of the entire design industry. In this project, we were able to advance the study of the effective use of AI and lay the foundation for the next project.

研究分野：コンピュータグラフィックス

キーワード：テキスタイルデザイン 生成AI 人工知能 スタイル コンピュータグラフィックス

様式 C-19、F-19-1 (共通)

1. 研究開始当初の背景

日本の伝統織物産業は、着物などの世界にも誇れる製品を生み出してきたが、近年では、職人老齢化・後継者不足による技術損失と安価な海外製品による市場圧迫が深刻である。情報技術による織物技巧や織物スタイルの保存と画期的な新製品の創出の両面にわたる支援が、日本の織物産業の復興のために求められている。

織物の生産工程は多岐にわたり、伝統的産地では分業体制を取っている。本研究が着目する織物パターンデザインは、単に絵画やイラストとしてのデザインのみならず、素材や織機の制約までを念頭に入れて作業する必要がある。美術・材料・機械の知識と技能が必要となる。このことは、新規参入を難しくしている。コンピュータによる織物パターンデザインの支援は、ルールとしてこれらの技能をシステムに組み込むことで、障壁の一部をなくすことを目指してきた。

有史以前から、様々な織物技巧や織物スタイルが、日本に限らず世界各地で開発されてきた。一方で、織物技巧・織物スタイルの計算論的な理解とモデル化は現在でも議論が進んでおらず、コンピュータによる支援がなされてこなかった。我々はこれまでに織物産地である山梨県郡内地域の複数企業および山梨県産業技術センターと連携して、織物技巧の計算論的モデル化を実現し、それぞれの技巧を対話的に適用できる対話的織物パターンデザインシステムを開発してきた。特に、部分ごとの周波数成分解析と最適パターンの配置や、多色織のための最適糸色選択などで学術的成果を挙げてきた。このようなコンピュータ支援による織物パターンデザインは世界にも例がなく、単に技巧再現の道具としてのみならず、新たな商品価値の創造にも貢献できるようになってきた。

これまでには織物技巧のモデル化では、我々は一定の成果を挙げてきた。一方で、織物スタイル(様式・作風)のモデル化は他の研究者らも含めてまだ進められていない。スタイルの理解とモデル化が進めば、たとえば西陣織風や特定の個人風といった織物パターンの生成支援が可能となる。

2. 研究の目的

本研究では、織物技巧と織物スタイルを自由に利用でき、織物パターンを共創的にデザインする情報技術基盤を構築する。人工知能を含む情報技術基盤が、現在に至るまでに人が培ってきた織物技巧や織物スタイルをどこまで継承することができるのか、さらに、新規織物パターンのデザインの創出にどこまで貢献できるのか、を明らかにする。

3. 研究の方法

(1) コンピュータ支援による織物技巧の拡張

研究課題着手時点までに検討を進めてきた織物技巧には、広い色表現域を確保するために変則的な糸色の配置をするもの、色の揺らぎを異方性反射の強い糸によって表現するもの、がある。多色織についてはこれまでに一定の成果が得られているものの、高解像度化に改良の余地がある。他にも世界各地に伝統織物技巧が存在するが、そのほとんどは計算論的な理解とモデル化がなされていない。コンピュータ支援によって新しく織ることができる織物技巧をシステム上に多く揃えることによって、新たなデザインを実現する可能性を高めることができ、また、新たな利用者を引き込むことができる。それぞれ特定の表現に焦点を当てて、計算論的なモデル化とプログラム実装を行う。

(2) 織物作品のデータベース化と転写技術の確立

山梨県センターや各織物企業に現物として所蔵される織物作品のデータベース化に取り組む。これまでに開発した対話的パターン解析システムを足掛かりに、織物パターンの解析を進める。織物解析のためには、これまでは実物の織物をほぐしながら構造や素材を解析する方法が一部では取られてきたが、大規模な織物は対象とすることができなかった。画像による観測と画像処理によってパターンの解析を行う手法を確立する。

(3) 織物パターンの共創的デザイン基盤の構築

織物技巧および織物スタイルを自由に利用できる対話的織物パターンデザインシステムを構築する。システム上に入力された新たなモチーフに対して、既存の異なるスタイルを自由に適用できるようにし、織物パターンデザインの創発を支援する。またさらに、新しいパターンを創発させるためにスタイルのみを共有できるようにすることで、利用者間のデザインの共創を支援する。

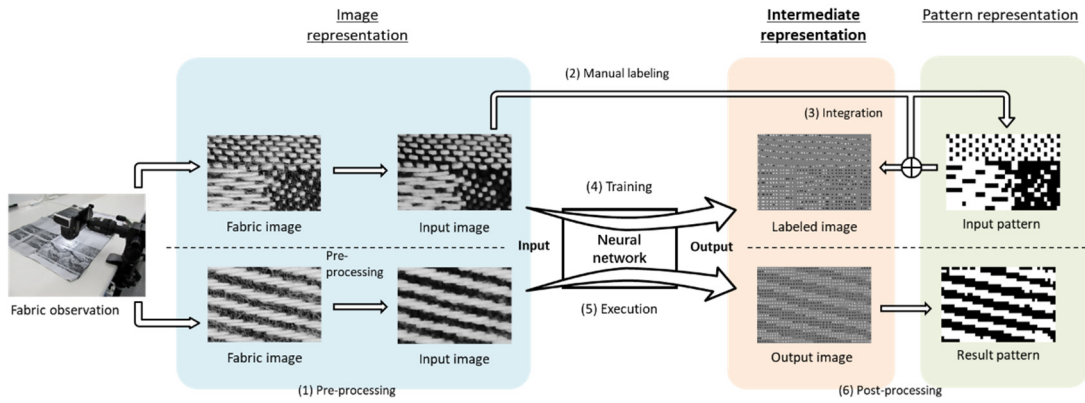


図2 織物作品からの織物パターン復元

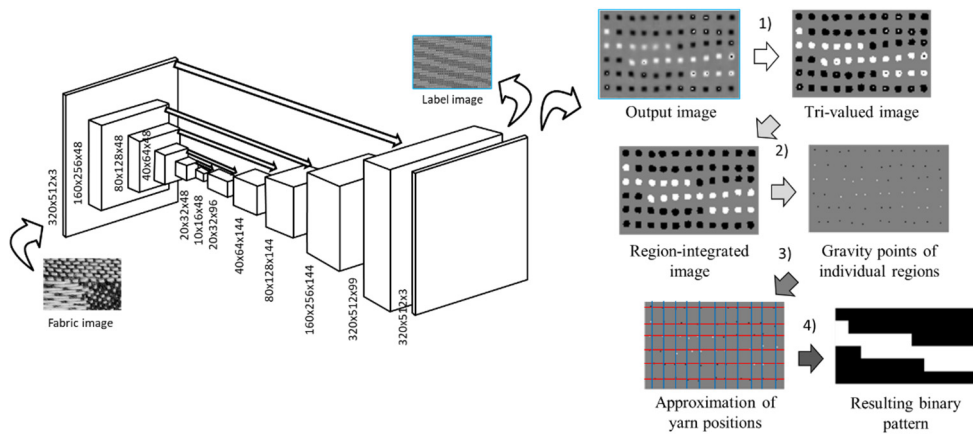


図3 入力画像から中間画像，交差位置，二値パターンをそれぞれ求める処理の流れ

また、人工知能技術を織物に応用する内容で特許を取得した。先行研究において、入力画像にスタイル画像(任意の模様や風合いを持つ画像)を合成する技術が提案されていた。この技術はスタイル転写や画風変換と呼ばれる。中でも STROTSS では、コンテンツ画像とスタイル画像のどちらを強く反映するかを1つのパラメタで調整できる技術を実現している。STROTSS が解決できない問題として、スタイル画像が規則的な模様である場合に、コンテンツ画像の模様がつぶれることがあった。また、各領域を別のパラメタで制御することができないことも問題であった。これらを解決するために、スタイル画像の繰り返し間隔をあらかじめ複数設定した上で合成し、領域を指定した上で間隔とスタイル強度を順に当てはめることができるような操作を実現した。この技術は、人工知能と織物パターン生成を組み合わせる先駆的なものであると自負する。

(3) 織物パターンの共創的デザイン基盤の構築

過去の作品のデータベース化によって、技巧の再利用や組み合わせによる新製品の開発が目指せるが、写真のみならず経糸緯糸の交差までがデータ化されなければ利用価値が低く、このために写真からの織物解析の技術が必要であった。図4に示すように、偏光成分を含む織物観測画像を獲得し、織物パターンをより正確に復元することを可能にした。糸の素材によって偏光成分の分布が異なることを利用して、経糸と緯糸を見分ける手法を提案した。

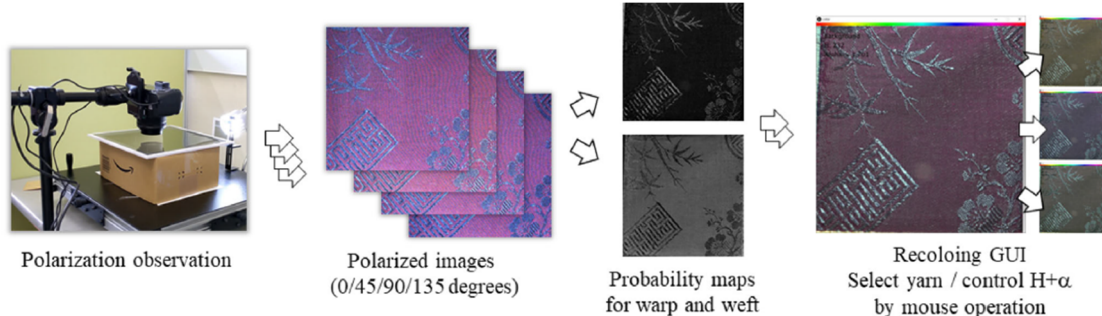
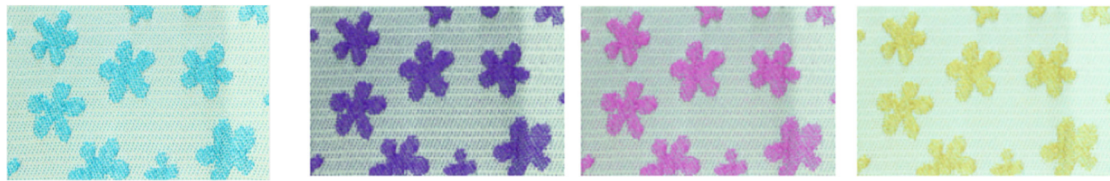


図4 織物の偏向成分の観測と経糸と緯糸の分離

経糸と緯糸の領域が画像のレベルで分離できるようになると、たとえば、緯糸の色だけを変更したようなシミュレーションを行うこともできるようになる。図5では、水色であった緯糸を他の色の糸に差し替えたようなシミュレーション結果を示す。実際に糸色を変えて織りなおす際には時間も材料費も掛かるが、シミュレーションであればこれらが必要でなくなり、かつ、細かな色の変更も可能となる。



(a) 織物観測画像

(b) 糸色変更のシミュレーション結果

図5 織物観測画像と糸色変更のシミュレーション結果

研究開始までに図6に示す対話的織物パターンシステムを開発し、ここまで説明したような手法を順次、このシステムのモジュールとして組み込んで、織物デザイナーに提供をした。織物デザイナーは、ボタンやキーボードの操作で新しい技術を使うことができるようになり、新製品の開発に活かすことができた。研究期間内にも、連携する企業が新技術を利用した織物製品を発売するまでに至っている。

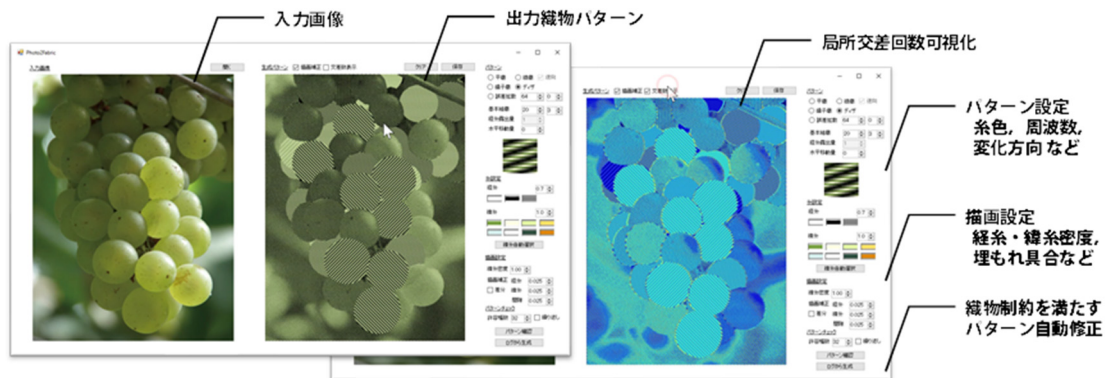


図6 対話的織物パターンデザインシステム

画像生成 AI が急速に進化しており、本研究の範囲にとどまらず、デザイン業界全体の作業工程までもが変わりつつある。本研究課題の中でも、画像生成 AI の効果的な利用方法の検討を進めた。織物パターンとして実現可能な画像は限られており、色の変化が平坦で繰り返し可能である必要がある。プロンプトエンジニアリングによって、図7に示すようなパターンの生成が実現できはじめている。この成果を新しい製品開発に導入できるかどうかについて、地域織物企業の専門家との議論を進めている。生成 AI に、織物パターンならではの制約や織り上がりの印象などを考慮して画像生成させるまでには至っておらず、さらなる改良が必要である。この部分については、研究期間終了後にも継続して進めたい。



図7 画像生成 AI による織物パターン画像の生成結果例

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計4件（うち査読付論文 4件/うち国際共著 3件/うちオープンアクセス 4件）

1. 著者名 Chen Xiao-Diao, He Rui, Mao Xiaoyang	4. 巻 40
2. 論文標題 SLIM: A transparent structured self-learning interpolation method for super-resolution images	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 The Visual Computer	6. 最初と最後の頁 2857 ~ 2872
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00371-023-02990-z	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する
1. 著者名 Haipeng Luan, Masahiro Toyoura, Renshu Gu, Takamasa Terada, Haiyan Wu, Takuya Funatomi, Gang Xu	4. 巻 39
2. 論文標題 Textile image recoloring by polarization observation	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 The Visual Computer	6. 最初と最後の頁 4351 ~ 4370
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00371-022-02595-y	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する
1. 著者名 Takamasa Terada, Masahiro Toyoura, Takahide Sato, Xiaoyang Mao	4. 巻 21
2. 論文標題 Noise-Reducing Fabric Electrode for ECG Measurement	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Sensors	6. 最初と最後の頁 4305
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/s21134305	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Siqiang Chen, Masahiro Toyoura, Takamasa Terada, Xiaoyang Mao, Gang Xu	4. 巻 28
2. 論文標題 Image-based textile decoding	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Integrated Computer-Aided Engineering	6. 最初と最後の頁 177 ~ 190
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3233/ICA-200647	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

〔学会発表〕 計12件（うち招待講演 1件 / うち国際学会 2件）

1. 発表者名 Naohiko Ishikawa, Zhenyang Zhu, Jong-nam Kim, Wan-Young Chung, Kentaro Go, Xiaoyang Mao
2. 発表標題 Seamless Image Editing for Perceptual Size Restoration Based on Seam Carving
3. 学会等名 Computer Graphics International Conference (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 豊浦 正広
2. 発表標題 織物実写画像からのパターン復元
3. 学会等名 画像電子学会VCワークショップ
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 鄭 佳偉, 豊浦 正広
2. 発表標題 並置混色を考慮した多色織物パターン生成と糸色の決定
3. 学会等名 画像電子学会VCワークショップ
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 豊浦 正広
2. 発表標題 人を補完するAIとIoTのデザイン
3. 学会等名 滋賀大学データサイエンス・AIイノベーション研究推進センター データサイエンスセミナー（招待講演）
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 Riheng Zhang, Min Tan, Xiaoyang Mao, Zhigang Gao, Xiaoling Gu
2. 発表標題 Adaptive Destruction Learning for Fine-grained Visual Classification
3. 学会等名 DASC/PiCom/CBDCCom/CyberSciTech (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 豊浦 正広, 村坂 康恒, 近藤 陽
2. 発表標題 織物パターンを仕上げるための対話的な考慮要素間の重みの決定
3. 学会等名 画像電子学会VCワークショップ
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 鄭 佳偉, 豊浦 正広
2. 発表標題 多色織物の局所的な分離の緩和および色の再現性の向上
3. 学会等名 画像電子学会VCワークショップ
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 小林 剛豊, 朱 臻陽, 茅 暁陽
2. 発表標題 GANを用いたスタイル制御可能な鉛筆画風画像生成手法
3. 学会等名 画像電子学会VCワークショップ
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 石川 直彦, 朱 臻陽, 茅 暁陽
2. 発表標題 知覚サイズを反映した写真生成のための画像自動部分拡大方法
3. 学会等名 Visual Computing シンポジウム
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 小林 剛豊, 茅 暁陽
2. 発表標題 教師なし学習による鉛筆画風画像生成
3. 学会等名 情報処理学会全国大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 豊浦 正広
2. 発表標題 AIと創る織物
3. 学会等名 イノベーション・ジャパン2021
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 豊浦 正広, 茅 暁陽, 五十嵐 哲也
2. 発表標題 織物の実観測データと機械学習によるパターンずれの予測
3. 学会等名 やまなし産学官連携研究交流事業
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計1件

産業財産権の名称 画像生成方法、プログラム及び画像生成装置	発明者 豊浦 正広	権利者 山梨大学
産業財産権の種類、番号 特許、特願2022-099559、特開2024-000704	出願年 2022年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計1件

産業財産権の名称 画像生成方法、プログラム及び画像生成装置	発明者 豊浦 正広、今川 友麻、寺田 貴雅、茅 暁陽	権利者 国立大学法人山梨大学
産業財産権の種類、番号 特許、特許第7477864号、特願2020-086919	取得年 2024年	国内・外国の別 国内

〔その他〕

テキスタイルデザインの画像処理 https://www.design.yamanashi.ac.jp/ja/research/textile-design/ 導電性織物の機能デザイン https://www.design.yamanashi.ac.jp/ja/research/circuit/

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	茅 暁陽 (Mao Xiaoyang) (20283195)	山梨大学・その他部局等・理事 (13501)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関		
中国	杭州電子科技大学		