

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 23 日現在

機関番号：13501

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2013～2016

課題番号：25280037

研究課題名(和文)「似合う」への計算論的アプローチ - 視線・生体情報と統計学習に基づく衣服の評価法

研究課題名(英文) Computational Approach to Fashion Fitting based on Subjective Measure and Statistical Learning

研究代表者

茅 暁陽 (MAO, Xiaoyang)

山梨大学・総合研究部・教授

研究者番号：20283195

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,900,000円

研究成果の概要(和文)：衣料品のオンラインショッピングでは、様々なブランドの商品を一度に閲覧でき、注文した翌日には商品が届くなど、利便性は著しく向上された一方、「サイズは合っていたが、着てみるとイメージと異なっていた」、「色が写真と異なっていた」などネットショッピングで失敗したという声が多い。ある衣服が特定の個人に似合うか否かは、本人の顔や体型の特徴のみでなく、流行や職業などの社会的要因に加え、本人の嗜好による影響も大きい。本研究は、オンラインショッピングでの利用を想定し、最新のコンピュータビジョンと機械学習技術を用いて、個人に「似合う、または個人のイメージ通りの衣服を検索できる技術の開発を行った。

研究成果の概要(英文)：Online shopping of clothing items becomes more and more popular. However there was a lot of voices that failed in online shopping, such as "The design was different from what it looked on the webpage". Whether a certain clothing suits a particular individual is not only decided by the feature of the person's face or body shape, but also greatly influenced by his / her preference in addition to social factors such as fashion trend and occupation. In this research, we aimed at developing new technologies enabling users to search for the clothing items matching both the feature of their body shape as well as their subjective preferences. The developed technologies used modern computer vision technologies for extracting features from clothing images and 3D depth camera or scanners, and used machine learning approaches for reflecting the preference of users in the searching process.

研究分野：コンピュータグラフィックス

キーワード：服装検索

1. 研究開始当初の背景

総務省平成 27 年版情報通信白書によると、平成 27 年時点でのネットショッピングの個人利用率は全年代平均で 7 割を超えていた。また、経済産業省がまとめた平成 28 年度の電子商取引に関する市場調査では、アパレル産業の EC(Electronic Commerce) 化率は 10.93%、対前年比 10.5% 上昇していた他、物販系分野内での構成比率は 15.29% で最も高く、アパレル産業は急速に EC 化が進んでいた。しかし、衣料品のオンラインショッピングでは、様々なブランドの商品を一度に閲覧でき、注文した翌日には商品が届くなど、利便性は著しく向上された一方、「思ったより服のサイズが小さかった」、「サイズは合っていたが、着てみるとイメージと異なっていた」、「色が写真と異なっていた」などネットショッピングで失敗したという声が多かった。ユーザの不安を払拭するため、商品の無料交換サービスを提供するショップもあるが、これは企業にとって大きな負担となっていた。

似合う服装の検索を支援する目的として、画像処理や拡張現実 (AR) 技術を援用した仮想試着に関する研究が行われていた。しかし、衣服の写実的なレンダリングはまだ、CG 分野の未解決課題の一つとして残されていたため、仮想的な装着イメージに基づいて似合うか否かを正しく評価することは困難であった。

2. 研究の目的

本研究は、オンラインショッピングでの利用を想定し、画像に基づき、個人にもっとも「似合う」ものを効果的に選択する技術の開発を目的とする。ある衣服が特定の個人に似合うか否かは、本人の顔や体型の特徴のみでなく、流行や職業などの社会的要因に加え、本人の嗜好による影響も大きい。我々は、「似合う」という関係を、衣服のデザイン特徴と個人の身体的特徴及び本人の嗜好との調和関係として捉え、コンピュータビジョン及び機械学習技術を組み合わせ、この調和関係に基づく衣服の新しい検索方法を提案した。

3. 研究の方法

本研究の体制は服飾デザイン専門家も含め、3 大学計 7 名 (代表: 1, 分担: 4, 連携: 2) の研究者から構成される。目的とする検索方法の確立に向けて、衣服のデザイン特徴ベクトルの設計、画像からの特徴検出技術、及びユーザの主観的嗜好を検索に反映する学習方法の開発を行った。

4. 研究成果

(1) 襟デザインに基づく好みの衣服の検索【雑誌論文-①, 学会発表-③, ⑦】

襟は顔の印象に大きく影響するため、人が服を選ぶ際にもっとも重視する要素の一つ

である。本研究では、まず、服飾の専門知識に基づき襟の詳細デザインを捉える特徴ベクトルの設計と画像からこれらの特徴ベクトルを求める方法を開発した。そして、Optimum Path Forest(OPF) に Relevance Feedback (RF) を組み合わせ、ユーザの主観的な好みを反映した検索を可能にした。

図 1 に示すように、我々は分析の結果、襟のデザイン特徴は「開き方」、「折り返し」、「フロントデザイン」の 3 つにより効果的に捉えられることを明らかにした。デザイン要素「開き方」を捉えるために、本研究では画像から首と服の境界である襟ぐりと首の付け根の中心点を求め、その中心点から襟ぐりまで放射線状に伸びる線分の長さを特徴ベクトルとした (図 2)。「折り返し」と「フロントデザイン」を捉えるために、Saliency Map を利用した特徴ベクトルを設計し、その抽出方法を実装した。衣服にはチェックや花模様、文字など、様々な高周波を含むテクスチャが存在する。一般的に利用されている画像特徴量ではこれらの高周波の特徴に反応し、襟の折り返しとフリルやリボンのようなフロントデザインを捉えることができない。それに対して、Saliency Map は周辺と異なる特徴がどれだけ目立つかを表すため、模様をもった衣服の場合でも、模様そのものではなく、襟の折り返しやフロントデザインなど目を引くデザインを捉えることができる。Saliency Map の算出に 2007 年に X. Hou らが提案した周波数空間を利用した方法を使用した。

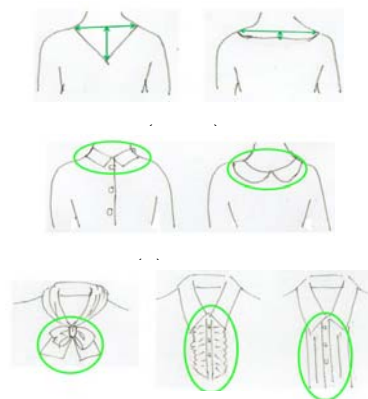


図 1 襟を特徴づけるデザイン要素

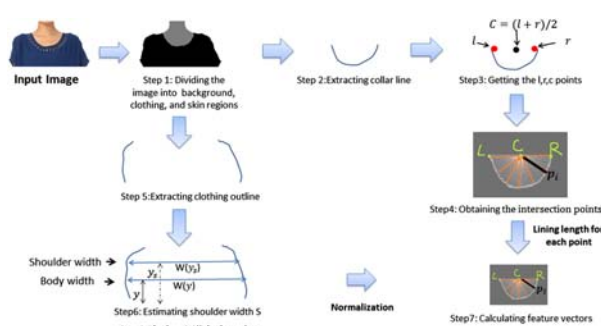


図 2 「開き方」特徴ベクトルとその検出方法

図2に Saliency Map によるフロントデザインと襟の折り返しの検出例を示す. また, 図3に示すように, 使用する周波数の帯域を制御することにより, 検出するデザインの詳細度を制御することができる.



図2 Saliency Map によるフロントデザイン (a) と襟の折り返し (b) の検出

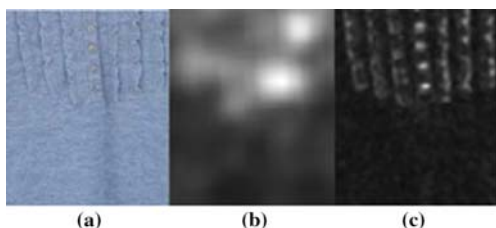


図3 検出するデザインの詳細度制御. (a) 入力画像; (b) 低周波を使用した Saliency Map による大まかなフロントデザインの検出; (c) 低周波を使用した Saliency Map による詳細なフロントデザインの検出

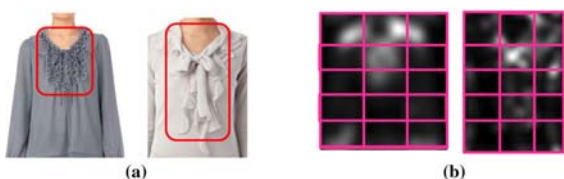


図4 デザインの空間的特徴を捉えるための特徴ベクトル設計

フロントデザインと襟の折り返しの空間的特徴を捉えるために, 図4に示すように, Saliency Map 画像を 3×5 の格子に分割し, 各セル内の画素値を成分とする 15 次元の特徴ベクトルを使用した. さらにフロントデザインの細かな特徴を捉えるために, Saliency Map と SHIFT 特徴を組み合わせた特徴ベクトルも提案した.

これらの特徴ベクトルを用いて, ユーザの嗜好を反映できる衣服の選択を可能とする技術として, 本研究では精度と性能が SVM よりも優れることで近年注目されている学習方法の一つである Optimum Path Forest (OPF) にユーザの主観的評価を動的に学習過程に反映できる Relevance Feedback (RF) アプローチを組み合わせた衣服画像検索プロトタイプを実装した. 図5に示すように, 好みの服は以下の6つのステップを経て検索される

1. 衣服データベース内の各衣服画像に対して上述の3種類の特徴ベクトルを抽出する.

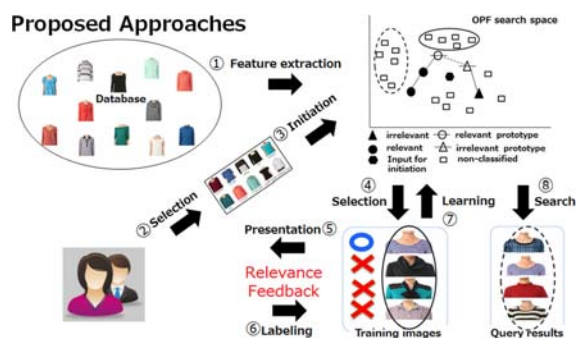


図5 Relevance Feedback によるユーザの嗜好を反映した衣服選択システム

2. ユーザは1枚初期解を指定する. 特徴ベクトルにより襟を10種類に分類し, 各種類から一つの襟を選んでもらい, それを初期解とする
3. 初期解をプロトタイプとしてOPFを構築する
4. OPFの境界付近からN枚画像を選択し, ユーザに提示する
5. それを見たユーザは, 欲しい服のイメージに従い○×で評価を与える
6. ユーザのフィードバックに基づき, OPFを更新する
7. 正のプロトタイプまでの距離と負のプロトタイプまでの距離の比が最小となる画像を結果としてユーザに提示
8. ユーザが満足すれば, 探索を終了し, そうでなければ, 4. に戻る

評価実験では274枚の画像に対して, 実装したRFシステムをもちいて10名の被験者が探索を行った. 図6と図7にそれぞれ好みの襟が見つかるまでかかったRFの回数と, 各ステップで得られた画像のスコア(5点満点)を示す. 比較的少ない回数で好みの襟を見つけることができることが示された.

(2) スケッチによる好みの衣服の検索 【学会発表⑩, ⑭】

スケッチはデザインに関するイメージを表現するもっとも効果的な方法の一つである. 本研究では, ユーザが描いたスケッチに基づいて, 好みのスカートを選択する技術を開発した.

まず, 被験者にイメージするスカートのスケッチを描かせる予備実験を通して, 「形状」, 「テクスチャ」, 「飾り」の3つの重要なデザイン要素があることを明らかにした.

図8に示すように, 「形状」についてはスカートの大まかな形に加え, ギャザーなどの細かいデザインも考慮する必要がある. そのため, 本研究では画像から輪廓を検出し, その Fourier Descriptor を特徴ベクトルとして使用する.

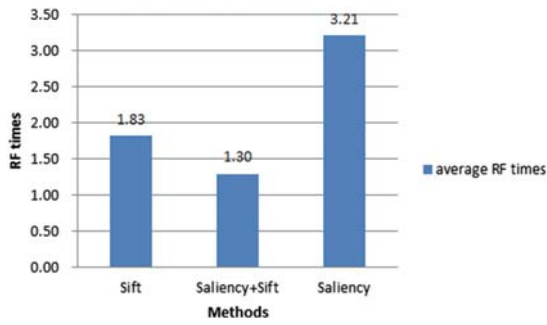


図6 好みの襟が見つかるまでの平均回数

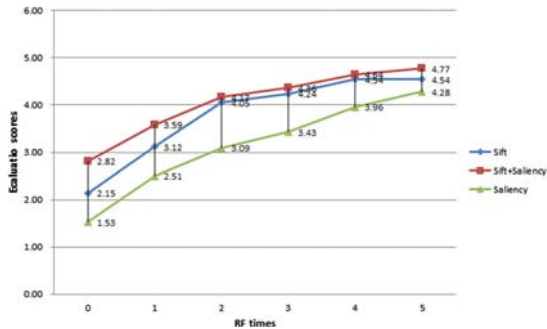


図7 R F 過程におけるスコア推移



図8 予備実験の結果

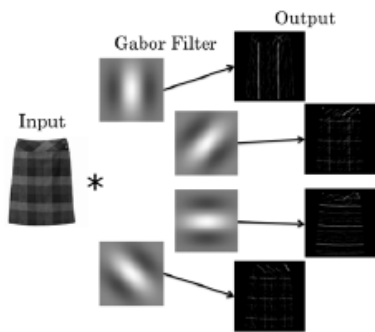


図9 ガボールフィルタバンクによるテクスチャ特徴抽出

「テクスチャ」の特徴ベクトルとして、4方向、5周波数レベルの計20のガボールフィ

ルタに対する反応を用いた。「飾り」は基本的に目を引く局所的な特徴であるという性質を利用し、図10のようにSaliency Mapを用いて抽出する。

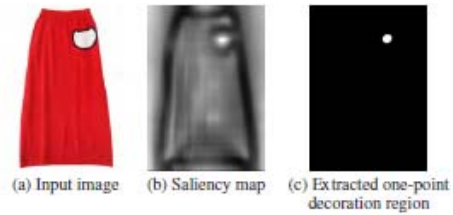


図10 Saliency Mapによる「飾り」の検出

画像とユーザが描いたスケッチの両方に対してこれらの特徴ベクトルを抽出し、マッチングを行うことで、好みのスカートをリアルタイムで検索するプロットタイプシステムを実装した。図11に実装したシステムの操作画面検索結果の例を示す。

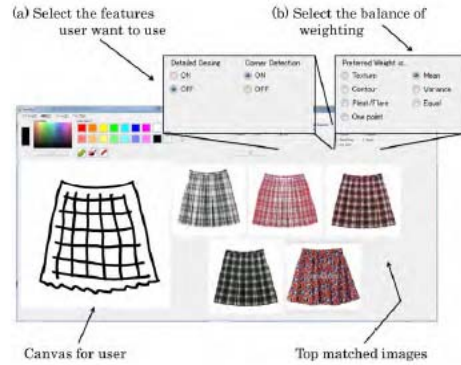


図11 対話型スカート検索システム

前述した襟のデザインを捉える特徴を加えることで、トップスの検索が可能となるように本システムを拡張することができる。

(3) 3D人体計測データ分析に基づくスカート原型デザインシステム

【雑誌論文⑥, ⑦, 学会発表⑧】

3D スキャナは、精度の高さ、短時間での計測、人体に非接触という利点がある。しかし、現状では関連アプリケーションが少なく、自由に扱えるようなものは見当たらなかった。本研究は、3D スキャナにより採取した3D ボディデータを分析することで、スカートの高精度な設計から、その展開に基づいた原型作製までカバーするデザインシステムを開発した。これにより、体型にフィットし着心地も良いスカート原型を短時間に得ることが可能となった。図12に提案デザインシステムを用いて、3Dスキャンによる人体形状計測から、スカートの縫製までの一連の流れを示す。

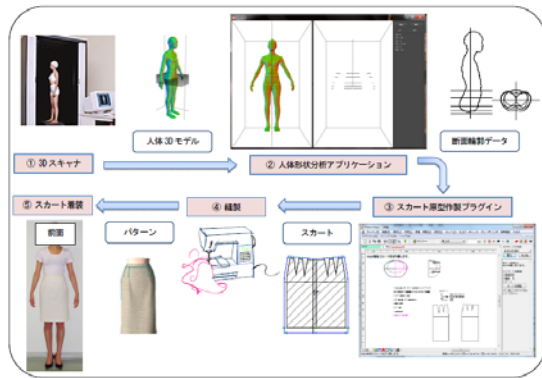


図 12 提案システムにおける処理の流れ



図 13 装着結果 (大腿部が張っている体形)



図 14 装着結果 (細身体形)

計 6 名の被験者に対して、本システムにより作図されたスカート原型を縫製して着装実験を行ったところ、一般的なデザイン方法と比較して、被験者の体型によりフィットし、アンケート調査でも着心地が優れている評価結果が得られた。図 13 と図 14 に大腿部が張っている体形と細身体形の結果を示す。一般的な作図法と比べて、提案手法による結果がどちらの側面からもより体形にフィットしていることが分かる。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 9 件, すべて査読有)

- ① Honglin Li, Masahiro Toyoura, Kazumi Shimizu, Wei Yang, Xiaoyang Mao, "Retrieval of Clothing Images based on Relevance Feedback with Focus on Collar Designs," *The Visual Computer*, Vol.32, No.10, pp.1351-1363, 2016-10.
- ② Wei Yang, Masahiro Toyoura, Jiayi Xu, Fumio Ohnuma, Xiaoyang Mao, "Example-Based Caricature Generation with Exaggeration Control," *The Visual Computer*, Vol.32, No.3, pp.383-392, 2016-3.
- ③ Jiayi Xu, Xiaoyang Mao, Xiaogang Jin, Aubrey Jaffer, Shufang Lu, Li Li, Masahiro Toyoura, "Hidden Message in a Deformation-based Texture," *The Visual Computer*, Vol.31, No.12, pp.1653-1669, 2015-12.
- ④ Xiameng Qin, Jianbing Shen, Xiaoyang Mao, Xuelong Li, Yunde Jia, "Robust Match Fusion Using Optimization," *IEEE Transactions on Cybernetics*, Vol.45, No.8, pp.1549-1560, 2015-8.
- ⑤ Xiameng Qin, Jianbing Shen, Xiaoyang Mao, Xuelong Li, Yunde Jia, "Structured-Patch Optimization for Dense Correspondence," *IEEE Transactions on Multimedia*, Vol.17, No.3, pp.295-306, 2015-3.
- ⑥ Takami Yamamoto, Masanori Nakayama, Rui Katsura, Akira Sakamoto, Issei Fujishiro, "Development of a Pants Pattern Design System Based on 3D Body Data Analysis," *IEEE Transactions on Image Electronics and Visual Computing*, Vol.3, No.2, pp.114-124 (2015).
- ⑦ 山本高美, 中山雅紀, 桂瑠以, 坂元章, 藤代一成, 3D 人体計測データ分析に基づくスカート原型デザインシステムの開発, *芸術科学会誌*, Vol.14, No.1, pp. 9-19, 2015.
- ⑧ 豊浦正広, 五十嵐哲也, 庄司麻由, 茅暁陽, "ジャカード織物作製のための制約付き画像二値化", *芸術科学会論文誌*, Vol.13, No.3, pp.124-133, 2014-9.
- ⑨ Masaki Omata, Daisuke Kanuka, Xiaoyang Mao, "Experiments for Emotion Estimation from Biological Signals and Its Application," *Transactions on Computational Science*, Vol.23, pp.178-198, 2014.

〔学会発表〕(計 20 件, すべて査読有)

- ① Tetsuya Igarashi, Masahiro Toyoura, Xiaoyang Mao, "Optimizing Dither Mask for Rendering Smooth Tone on Fabric," *NICOGRAPH International*, pp.75-82, July 6, 2016, Hangzhou(China).
- ② Honglin Li, Wei Yang, Hongcang Sun, Masahiro Toyoura, Xiaoyang Mao, "Example-based Caricature Synthesis via Feature Deviation Matching," *Computer*

- Graphics International, pp.81-84, Article S8, June 29, 2016, Crete(Greece).
- ③ Kazumi Shimizu, Wei Yang, Masahiro Toyoura, Xiaoyang Mao, “Relevance Feedback Based Retrieval of Cloth Image With Focus on Collar Design,” Cyberworlds, pp.137-144, October 8, 2015, Gotland(Sweden).
- ④ Hiromu Seki, Masahiro Toyoura, Xiaoyang Mao, “Direction and Scale Preserving Image Analogies,” Computer Graphics International (CGI), June 25, 2015, Strausbourg(France).
- ⑤ Junki Mano, Masahiro Toyoura, Xiaoyang Mao, “Reconstruction of human body model from incomplete feature points,” NICOGRAPH International, Poster, June 13, Tokyo(Japan).
- ⑥ 藤森康平, 祝嗣忠, 澤田友哉, 豊浦正広, 茅曉陽, “ゲームによる画像の感性語ラベリング,” NICOGRAPH, pp. 81-86, 2014年11月3日, 知工業大学 八草キャンパス.
- ⑦ 清水和美, 近藤慎一郎, 楊薇, 豊浦正広, 茅 曉陽, “襟好みによる衣服画像のフィードバック探索,” NICOGRAPH, pp. 91-94, 2014年11月3日, 知工業大学 八草キャンパス.
- ⑧ Takami Yamamoto, Masanori Nakayama, Rui Katsura, Akira Sakamoto and Issei Fujishiro, “Development of a pants pattern design system based on 3D human body measurement data analysis,” Proceedings of Image Electronics and Visual Computing Workshop 2014 IIEEJ 4B-2, October 9, 2014, Samui(Thailand).
- ⑨ Wei Yang, Kouki Tajima, Jiayi Xu, Masahiro Toyoura, Xiaoyang Mao, “Example-Based Automatic Caricature Generation,” Cyberworlds, pp.237-244, October 8, 2014-8, Santander(Spain).
- ⑩ Shota Fushimi, Kazumi Shimizu, Masahiro Toyoura, Motonobu Hattori, Xiaoyang Mao, “Semiautomatic Synthesis of Face in Mind,” Image Electronics and Visual Computing Workshop, 4B-1, October 9, Samui(Thailand).
- ⑪ Jiayi Xu, Wei Yang, Xiaoyang Mao, Masahiro Toyoura, Xiaogang Jin, “A Study on Perceived Similarity between Photograph and Shape Exaggerated Caricature,” Cyberworlds, pp.213-220, October 7, 2014, Santander(Spain).
- ⑫ Shin-ichiro Kondo, Masahiro Toyoura, Xiaoyang Mao, “Sketch based skirt image retrieval,” Symposium on Sketch-Based Interfaces and Modeling, pp.11-16, August 9, 2014, Vancouver(Canada).
- ⑬ 豊浦 正広, 五十嵐 哲也, 庄司 麻由, 茅 曉陽, “ジャカード織物作製のための領域内パターン生成と領域間パターン最適

化”, Visual Computing/グラフィクスとCAD合同シンポジウム, 2014年6月29日, 東京早稲田大学. (優秀研究発表賞)

- ⑭ Shin-ichiro Kondo, Masahiro Toyoura, Xiaoyang Mao, “Skirt Image Retrieval based on Sketch,” NICOGRAPH International, pp.115-118, May 31, 2014, Gotland(Sweden).
- ⑮ 豊浦正広, 五十嵐哲也, 庄司麻由, 茅曉陽, “拡張ディザ法を用いたジャカード織物パターンの生成”, NICOGRAPH, pp. 9-16, 2013年11月8日, 山梨県勝沼町. (優秀論文発表賞).
- ⑯ 近藤慎一郎, 豊浦正広, 茅曉陽, “スケッチに基づくスカート画像検索”, Visual Computing/グラフィクスとCAD合同シンポジウム, Article 13, 2013年6月22日, 青森市文化会館.
- ⑰ Tomoya Sawada, Masahiro Toyoura, Xiaoyang Mao, “Film Comic Generation with Eye Tracking,” International Conference on MultiMedia Modeling (MMM, Lecture Notes in Computer Science), Vol.7732/2013, pp.467-478, Jan 4, 2013, Huangshan(China).

〔産業財産権〕

○出願状況 (計 0 件)

〔その他〕

ホームページ

<http://www.vc.media.yamanashi.ac.jp/ja/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

茅 曉陽 (MAO, Xiaoyang)
山梨大学・総合研究部・教授
研究者番号：20283195

(2) 研究分担者

藤代 一成 (FUJISHIRO, Issei)
慶應義塾大学・理工学部・教授
研究者番号：00181347

豊浦 正広 (TOYOURA, Masahiro)
山梨大学・総合研究部・准教授
研究者番号：80550780

小俣 昌樹 (OMATA, Masaki)
山梨大学・総合研究部・准教授
研究者番号：60402088

山本 高美 (YAMAMOTO, Takami)
和洋女子大学・人間・社会学部・准教授
研究者番号：10327182

(3) 連携研究者

行場 次朗 (GYOBA, Jiro)
東北大学・大学院文学研究科・教授
研究者番号：50142899

福本 文代 (FUKUMOTO, Fumiyo)
山梨大学・総合研究部・教授
研究者番号：60262648