法政大学学術機関リポジトリ
HOSEI UNIVERSITY REPOSITORY

PDF issue: 2024-09-01

顔3次元像の動的特性が創出する高次視覚印象の解明とその感性インタフェースへの応用

赤松, 茂 / AKAMATSU, Shigeru

(雑誌名 / Journal or Publication Title)
科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書
(開始ページ / Start Page)
1
(終了ページ / End Page)
6
(発行年 / Year)
2012-05

様式Ｃ－１９

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２４年５月２５日現在

機関番号：３２６７５
研究種目：基盤研究（Ｂ）
研究期間：2009 ～ 2011
課題番号：２１３０００８４
研究課題名（和文）　顔３次元像の動的特性が創出する高次視覚印象の解明とその感性インタフェースへの応用
研究課題名（英文）　Investigating factors of the higher-order facial impression caused by the dynamic traits of 3D face and image technologies applied to perceptual human interface systems
研究代表者
赤松　茂（AKAMATSU SHIGERU）
法政大学・理工学部・教授
研究者番号：　50339503

研究成果の概要（和文）：
顔の見え方の多様性をもたらす要因として、顔の３次元形状という静的な特性に加えて、姿勢の変化、視線による注視点変化、表情の表出、化粧の効果など、顔の３次元像の見え方の動的な変動にも注目して、これらが顔から知覚される高次視覚印象に与える影響の諸特性を明らかにするとともに、擬人化エージェントの生成や顔貌の印象変換など、顔を媒介とする感性的インタフェース実現に寄与する応用技術の開発に取り組んだ。

研究成果の概要（英文）：
Among factors that bring diversity to facial appearance, not only static variations in individual facial shape but also dynamic traits of the face caused by its positional change and variation in direction of the gaze for its observation, facial expressions, makeup wearing and so on, were investigated in terms of their effects given to the higher-order impression perceived in the face. Image engineering technologies toward perceptual interface systems, such as generation of 3D faces for anthropomorphic agent and transformation of social impressions conveyed by the face of the agent, were also investigated in this project.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合　計
２００９年度	7,400,000	2,220,000	9,620,000
２０１０年度	4,000,000	1,200,000	5,200,000
２０１１年度	2,700,000	810,000	3,510,000
年度			
年度			
総　計	14,100,000	4,230,000	18,330,000

研究分野：総合領域
科研費の分科・細目：情報学 ・ 感性情報学、ソフトコンピューティング
キーワード：顔情報処理、高次視覚印象、顔の３次元モデル、感性インタフェース、視線解析

１．研究開始当初の背景

人間は、顔の視覚情報から相手が誰であるかを認識でき、それが見知らぬ人であっても、性別、年齢、社会的立場、性格など、相手の様々な属性を推し量ることもでき、表情からは感情を読みとることもできる。このように顔はコミュニケーションを通じてやりとりされる様々な感性情報の伝達媒体として重要な役割を担っている。そのため

に、顔という3次元物体を対象として人間によって知覚される感性情報の要因を明らかにするために、研究代表者らは、平成 18-20 年度の3年間、科学研究費補助金を受けて、基盤研究(B)「顔と物体の高次視覚印象の予測モデルと共通的感性にもとづく造形デザインへの応用」を遂行してきた。

本研究は、このような先行研究の成果をふまえ、顔の見え方の多様性をもたらす要因として、顔の3次元形状という静的な特性に加えて、姿勢の変化、視線の動き、表情の変化など、顔の3次元像の見え方の動的な変動にも注目して、これらが顔から知覚される高次視覚印象に与える影響を含めてモデル化するように発展させることで、顔をもつ擬人化エージェントによる感性インタフェース設計の指針を得ようとするものである。

本研究で得られる知見は、顔の視覚像を媒介として、高次視覚印象という感性情報を観察者に効果的に知覚させることができる擬人化エージェントの設計指針を与えることによって、人間・機械間インタフェースの高度化に寄与するだけでなく、顔の物理的特徴と脳の情報処理によって知覚される感性情報との因果関係を心理実験によって外側から定量的に明らかにすることで、顔認知の脳内メカニズムの解明という脳科学の進展にも側面から貢献することが期待される。

2. 研究の目的

本研究では、顔の見え方の多様性をもたらす要因として、顔のもつ3次元形状という静的特性に加えて、観察の視点、照明、姿勢、視線、表情など、顔の観測条件や物理的特徴の動的特性を含め、これらが顔の高次視覚印象に与える影響を予測するモデルを求めて、その妥当性を実験的に検証するために、以下の課題の解決を目標に、研究に取り組んだ。

(1) 顔の3次元形状を表す高次元ベクトルの自動抽出を行う

(2) 姿勢・視線・表情などから生じる顔視覚像のダイナミックな変化と高次視覚印象の関係を明らかにする

(3) 視線によるノンバーバル情報のロバストな表出法を明らかにする

(4) 顔視覚像の全体情報と特定の造作に対応する部分情報とが高次視覚印象に与える影響を明らかにする

(5) 顔視覚像の物理的パラメータ表現から高次視覚印象の心理量への柔軟な対応付けを実現する

(6) 視覚を通じて顔が発信している感性情報をコンピュータで認識・生成して知覚的インタフェースの構築に重要な役割を果たす基盤技術を実現する

3. 研究の方法

上記の研究目標を達成すべく、以下の(1)～(6)の課題に取り組んだ。

(1) 顔の3次元形状を高次元ベクトルとして表現するために、顔を3次元計測して得られる膨大な数の測定点に一定の対応関係を自動的に付与する手法として、車のボディ形状を想定して開発された測定点の再サンプリング法の改良を図るとともに、3次元顔の左右対称性に注目して顔の姿勢を自動的に正規化するアルゴリズムを検討した。

(2) 顔視覚像のダイナミックな変化と、それから想起される高次視覚印象の関係を明らかにすることを目的として、表情表出や発声発話に伴う顔形状の動的変化を表現するモーフィングモデル構築に取り組み、同モデルから生成される合成表情の評価を通じてモデルの妥当性の検証にとりくんだ。また、顔印象に変化をもたらす動的要素の一つとして化粧に着目し、肌の色味を操作した時に、化粧の視覚的効果がどのように変化するかを印象評定実験によって確認する試みを行った。

(3) 視線によるノンバーバル情報のロバストな伝達法に関しては、視線方向を正確に制御できる三次元顔刺激生成システムを利用して、対面者の視線から知覚できる奥行きなどの様々な情報が、頭部の姿勢や照明などの観測条件によってどのように影響されるかについての実験的検証に取り組んだ。

(4) 顔視覚像の全体情報とその特定の造作に対応する部分情報とが顔の印象に与える影響の分析に関しては、リアルタイム視線検出装置を用いて観察者の視線を計測することによって、まずは、顔の印象判断を行っている場合と意識的な学習を行っている場合との間で、注視点の停留位置の分布に差異があるのかどうかを実験的に明らかにする検討に取り組んだ。

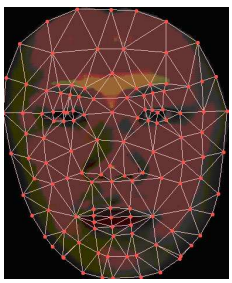
(5) 3次元物体が示す形状の多様性をモーフィングモデルを用いて少数のパラメータで表現し、このパラメータを適切に制御することで高次視覚印象の人為的な操作が可能とされる「印象変換ベクトル法」を顔の3次元像に適用し、3次元顔に対する評価性、活動性、力量性、魅力等の特定次元の高次印象に関する印象変換の特性を実験心理学的手法によって検証する課題に取り組んだ。

(6) 顔が視覚を通じて発信している感性情報をコンピュータで認識・生成するインタフェースの実現を目指して、シーン中を移動する人物の自動追跡、口唇の動き情報に基づく発声発話の認識、顔とともに提示されるジェスチャの認識などの視覚認識課題について取り組んだ。

4. 研究成果

(1) 顔の3次元形状の高次元ベクトル表現

① 個々の顔を3次元計測して得られる膨大な数の測定点群の間に個体横断的な対応関係を自



動的に与える手法として、車のボディ形状を想定して先行研究で開発された測定点の再サンプリング手法を改良し、前図に示すように、任意の顔の3次元データを一定個数の三角パッチで分割して表現する方法を開発した。計測時の顔の姿勢や表情表出による変動に一定の制約を与えた場合について、その有効性を確認することができた。【論文⑭参照】

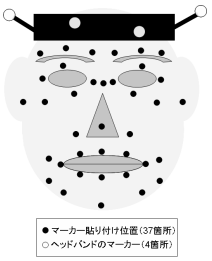
② 顔の3次元形状を高次元ベクトルで表現するための前処理として、3次元顔の左右対称性に注目することで顔の姿勢を自動的に正規化するアルゴリズムを提唱し、さまざまな姿勢で計測された複数人物の3次元顔データに対する実験によって、その有効性を検証した。本手法による3次元顔の姿勢正規化の実施例を下図に示す。【発表①参照】

正規化前 →

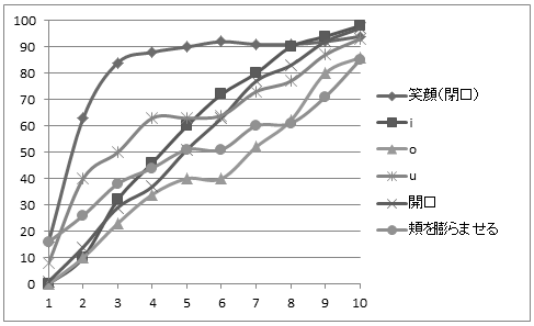
正規化後 →

(2) 顔視覚像の動的な変化と高次視覚印象の関係

① 顔視覚像の動的な変化の物理的な特徴と視覚像から想起される高次視覚印象との関係を明らかにするための実験データとして、顔面動作の計測用に特化したモーションキャプチャを用いて、多数人物による表情表出や発話による顔3次元形状の動的データを収集した。そして比較的少数の特徴点に関する3次元位置情報が、どれだけ表情の違いを表現しうるかを識別実験によって検証した。表情顔と真顔の間でのマーカ点の3次元位置の変位を表した多次元ベクトルを求め、主成分分析によって比較的少数次元に次元圧縮した特徴ベクトルを用いて、最小距離法による識別性能をLeave-one-out 法によって評価した。この結果、第3主成分までに圧縮した特徴ベクトルを用いる場合に識別率が最も高くなったこと、また表情表出の過程での時間経過については、識別率の時間変化を表す以下の図に示すように、口角周辺の動きが顕著な「笑顔(開口)」に対する識別率の立ち上がりが早いことがわかった。【論文②参照】

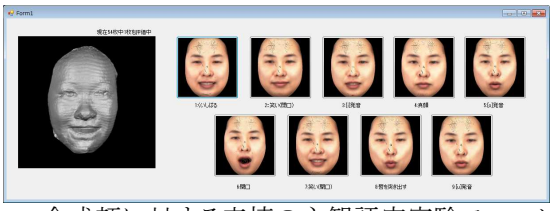


↑ モーションキャプチャと顔面のマーカ位置



表情毎の識別正解率の時間推移
(識別用特徴は３次元に次元圧縮)

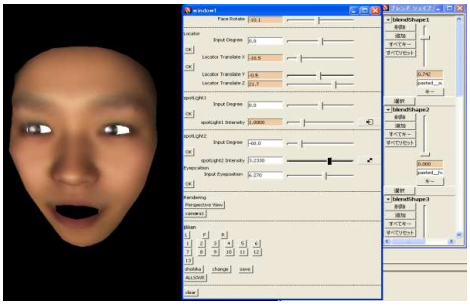
② 異なる表情を表出している顔3次元データを複数人物から収集し、それらの主成分分析を行うことで、3次元顔における表情の違いを少数のパラメータで表せる3次元モーフィングモデルを生成した。そして同モデルに基づき、先行研究で提唱した印象変換ベクトル法に準じたアプローチにより、新規人物の真顔から様々な表情を表出した3次元顔の生成を行った。合成された顔画像に対して被験者による表情の主観評定を行った結果、概ね意図したとおりの表情の表出が実現された。【論文⑨参照】



合成顔に対する表情の主観評定実験フォーム

(3) 視線によるノンバーバル情報の表出法

① 任意人物の顔の3次元像の多様性を少数のパラメータで表現できる顔の3次元モーフィングモデルと、特定の顔に対して表情を生成できるGalatea モデルとの対応付けに ICP アルゴリズムを導入し、その精度を高めることによって、実在する任意の顔について3次元表情を表出させることが可能になった。また、視線の動きを自在に制御できるようにするため、3Dモデリングソフト Maya を用いて眼球モデルを作成し、これを Galatea モデルと結合することによって、下図に示すような Maya 上の操作画面によって、3次元顔の視線や表情を自在に制御できるシステムが実現された。【論文⑮参照】

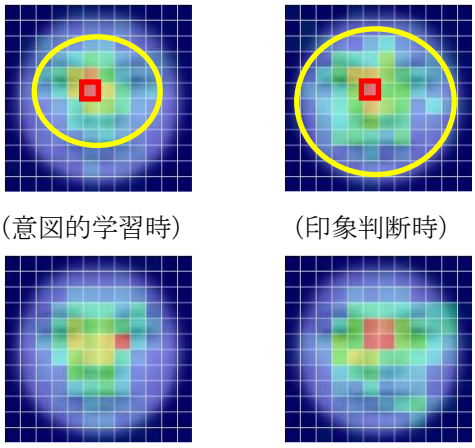


↑ Maya 上での3次元顔の操作画面

② 視線を正確に制御できる3次元顔モデルを用いて、人間の視線知覚特性として、対面相手の視線の輻輳角から受ける奥行き知覚を調べた。その結果、対面状況では自分より後方への視線は知覚されづらいことがわかった。相手の視線の対象が 80cm以下、かつ、正面にある場合、特に輻輳角がもたらす視線の知覚への影響が観察された。また、顔角度と光源角度に応じた視線知覚のズレに関して定位実験を行い、知覚される視線方向を予測するモデルを算出した。【論文⑱参照】

(4) 顔視覚像の全体と部分の情報が知覚される高次印象に与える影響の分析

リアルタイム視線検出装置 Eye Link を用いて観察者の視線を計測し、その停留位置の空間・時間分布を累積停留時間ヒストグラムで表すことによって、顔の印象判断を行っている場合と意識的学習を行っている場合とで何らかの差異があるかを調べた。意図的学習時と、その後に続く再認時とでは、長く注視される視線の停留点位置に差異が認められ、先行研究の結果を再確認することができた。意図的学習と印象判断という観察条件の違いによって、最も長く注視される視線の停留点には差異が認められなかったが、印象判断時の方が停留点の位置のばらつきが大きい傾向が確認された。また、再認時に長く注視される停留点の分布は、先行する観察段階でのタスク(印象判断 vs. 意図的学習)によって異なることがわかった。【論文⑥参照】



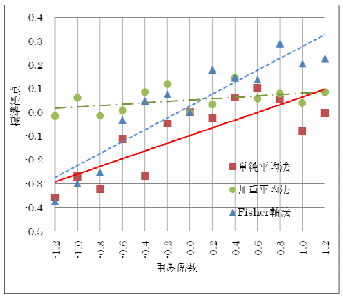
(意図的学習時)　(印象判断時)

(意図的学習後の再認)　(印象判断後の再認)

注視点の累積停留時間ヒストグラム

(5) 印象変換ベクトル法による3次元顔の印象変換

先行研究において提案し、その有効性が確認されている印象変換ベクトル法は、形状の多様性を表現するモーフィングモデルのパラメータを印象変換ベクトルの重み付け加算で変位させることによって、形状の視覚印象を意図的に変換する手法である。ここでは、レンジファインダで計測された顔の 3 次元データの印象変換に適用した。SD 法による印象評定結果に因子分析を施すことで高次視覚印象を少数の因子に集約し、各因子に関する 3 次元顔の印象を変化させるパラメータの算出方法として、“単純平均法”, “加重平均法”, “Fisher 軸法”の 3 種類をとりあげ、その印象変換の効果を比較した。具体的には、印象変換ベクトルの重みを段階的に変化させて得られる3次元顔に対して、一対比較法によって知覚される印象の強さを定量化した。その結果、3因子の中で“積極性”と“品性”に関しては、Fisher 法による印象変換が最も有効であることがわかった。サンプル数が少ない場合、Fisher 法は有効にクラスを分類することが難しいため、単純平均法や加重平均法を用い、サンプル数がある程度の個数を越える場合には Fisher 法を利用することで、より効率的な印象変換が行えることがわかった。【論文⑯参照】



← 品性因子の印象変換の強度を 3 つの印象変換ベクトル算出法で比較する

(6) 知覚的インタフェース構築の画像認識技術

発話時の顔の動画像から抽出される動き特徴を用いることによって、音情報によらずに発声単語の認識を行うシステムを開発した。時系列画像の各画素における動きを Optical Flow の算出によって求め、空間的な変化を表す速度特徴を抽出した。この速度特徴を用いて、発話期間を決定し、その間の速度分布の時間的変化を表す高次元の特徴ベクトルを求めた。これらを識別用特徴として「ありがとう」「こんにちは」を含む発話5単語の識別実験を行い、良好な結果が得られた。また、口周辺の動きを表す特徴だけよりも、顔面の広い領域の動きを表す特徴を識別に併用した方が、より高い発話単語認識の性能が得られることがわかった。【論文⑬参照】

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 21 件)

① 岩佐香織, 山本俊太, 稲葉善典, 赤松茂, 顔特徴点の 3 次元動的変位情報による表情の識別, 映像情報メディア学会技術報告, 査読無, vol.36, N0.9, 2012, pp.91-95

② Syunta Yamamoto, Kaori Iwasa, Yoshinori Inaba, Shigeru Akamatsu, Discrimination of Facial Expression using Trajectory of Feature Points Obtained by Motion Capture System, Proc. of IWAIT 2012, 査読有, 2012, CD-ROM

③ Takahiro Mizumoto, Shigeru Akamatsu, Visual Human Monitoring System Based on Cooperative Operation of Omni-directional and PTZ Cameras, Proc. of IWAIT 2012, 査読有, 2012, CD-ROM

④ Takahiro Mizumoto, Shigeru Akamatsu, Integrated Visual Human Tracking System Composed of Omni-directional and PTZ Cameras, Proc. of IEEE ICSPCC2011, 査読有, 2011, CD-ROM

⑤ 山本俊太, 岩佐香織, 稲葉善典, 赤松茂, モーションキャプチャで得られた顔特徴点の動的位置情報による表情の識別, Proc. of Media Computing Conference 2011, 査読無, 2011, CD-ROM

⑥ 中村夏子, 中村亮太, 作田由衣子, 赤松茂, 顔の意図的学習と印象判断時における眼球運動の比較 ー停留領域・時間と再認成績の分析ー, Proc. of Media Computing Conference 2011, 査読無, 2011, CD-ROM

⑦ 中村亮太, 中村夏子, 作田由衣子, 赤松茂, 顔の意図的学習と印象判断時における視線の動きの比較, 信学技報, 査読無, IE2010-165, 2011, pp.113-117

⑧ 山本俊太, 岩佐香織, 稲葉善典, 赤松茂, モーションキャプチャで得られた顔特徴点位置データを用いた表情の識別, 信学技報, 査読無, IE2010-163, 2011, pp.101-106

⑨ 猪俣拓利, 山本俊太, 稲葉善典, 赤松茂, 3 次元モーフィングモデルによる表情生成-主成分パラメータによる表情生成への指針-, 信学技報, 査読無, IE2010-162, 2011, pp.95-100

⑩ Yoshinori Inaba, Ryosuke Kobayashi, Hanae Ishi, Jiro Gyoba, Shigeru Akamatsu, Impression Transformation of 3D Face Based on Morphable 3D Model of Face and Semantic Differential Method, The Journal of the IIEEJ, 査読有, vol.40, no.1, 2011, pp.96-104

⑪ Takahiro Mizumoto, Teppei Saitou, Shigeru Akamatsu, Visual Human Tracking System Based on Cooperative Operation of Omni- directional and PTZ Cameras, Proc. of IWAIT2011, 査読有, 2011, CD-ROM

⑫ Ryousuke Kobayashi, Yoshinori Inaba, Hanae Ishi, Jiro Gyoba, Shigeru Akamatsu, Toward Impression Transformation of 3D Face - Use of Morphable 3D Model of Face and Semantic Differential Method -, Proc. of APSIPA ASC 2010, 査読有, 2010, CD-ROM

⑬ Ryota Nakamura, Shigeru Akamatsu, Recognition of Spoken Words Using Motion Features Extracted from Video Sequences -Comparison of Recognition Performance Dependent on Attention Area of Face -, Proc. of APSIPA ASC 2010, 査読有, 2010, CD-ROM

⑭ Yoshinori Inaba, Ryosuke Kobayashi, Hanae Ishi, Jiro Gyoba, Shigeru Akamatsu, Impression Transformation of 3D Face Based on Morphable 3D Mmodel of Face and Semantic Differential Method, Proc. of IEVC2010, 査読有, 2010, CD-ROM

⑮ 関根祥介, 桜井謙次, 蒲池みゆき, 赤松茂, 任意の人物の顔をもち、表情と視線の動きを制御できる3次元エージェントの生成, 映像情報メディア学会技術報告, 査読無, Vol.34, No.11, 2010, pp.15-18

⑯ 稲葉善典, 野口奈津美, 小林亮介, 伊師華江, 行場次朗, 赤松茂, 3次元モーフィングモデルを用いた顔の物理的特徴と視覚印象の関係の分析と印象変換への応用, 信学技報, 査読無, IE2009-170, 2010, pp.221-226

⑰ Hirotoshi Inomata, Yoshinori Inaba, Shigeru Akamatsu, Generation of Facial Expressions from Morphable 3D Face Model, Proc. of IWAIT2010, 査読有, 2010, CD-ROM

⑱ 桜井謙次, 関根祥介, 赤松茂, 蒲池みゆき, 対面した他者の視線から受ける奥行の知覚, 信学技報, 査読無, HIP2009-105, 2009, pp.53-58

⑲ Yuiko Sakuta, Hanae Ishi, Shigeru Akamatsu, Jiro Gyoba, Psychological evaluation of higher-order facial impressions synthesized by the impression transfer vector method, Kansei Engineering International Journal, 査読有, Vol.9, No.1, 2009, pp.1-10

⑳ 稲葉善典, 伊師華江, 河内純平, 行場次朗, 赤松茂, 3 次元モーフィングモデルを用いた物体の高次視覚印象の操作 -SD 法による高次印象の定量化と印象変換の妥当性の評価-, ヒューマンインタフェース学会研究報告集, 査読無, Vol.11, No.2, 2009, pp.13-18

〔学会発表〕(計 43 件)

① 小林亮介, 生駒優, 稲葉善典, 赤松茂, 左右対称性を利用した顔3次元モデルの姿勢正規化法の評価, 日本顔学会大会・フォーラム顔学 2011, 2011 年 9 月 24 日, 日本歯科大学(新潟)

② 浅賀亮平, 黒田隆史, 菅田幸希, 赤松茂, Gabor 特徴を用いた顔画像からの年齢推定, 日本顔学会大会・フォーラム顔学 2011, 2011 年 9 月 24 日, 日本歯科大学(新潟)

③ 作田由衣子, 齋藤美穂, 顔の印象が投票行動に及ぼす影響, 日本心理学会第 75 回大会, 2011 年 9 月 15 日, 日本大学(東京)

④ Natsuko Nakamura, Yuiko Sakuta, Shigeru Akamatsu, Comparing eye-movements during intentional learning and impression judgment of faces: Analysis on fixation locations and durations, 34th European Conference on Visual Perception, August 30 2011, Toulouse, France
⑤ Yuiko Sakuta, Hanae Ishi, Shigeru Akamatsu, Jiro Gyoba, Mere exposure increases false alarms for caricatured faces. 5th International Conference on Memory, July 31 2011, York, U.K.
⑥ 小林亮平, 稲葉善典, 赤松茂, 顔の左右対称性を利用した顔の3次元像の姿勢の正規化, 画像電子学会年次大会, 2011 年 6 月 26 日, くにびきメッセ(松江)
⑦ 菅原甫史, 山田直樹, 赤松茂, ジェスチャ認識を用いた仮想空間上における操作情報取得システムの構築, 動的画像処理実利用化ワークショップ DIA2011, 2011 年 3 月 4 日, 四国大学交流プラザ(徳島)
⑧ 中原佳澄, 伊師華江, 理想的な化粧顔イメージにもとづく化粧品の配色デザイン, 第 6 回日本感性工学会春季大会, 2011 年 3 月 3 日, 九州大学(福岡)
⑨ 桜井謙次, 蒲池みゆき, 複数顔と対面した際の視線知覚特性, 日本視覚学会 2011 年冬季大会, 2011 年 1 月 21 日, 工学院大学(東京)
⑩ 瀧田茂樹, 蒲池みゆき, 眼球運動方向が物体の記憶保持に及ぼす影響, 日本基礎心理学会第 29 回大会, 2010 年 11 月 28 日, 関西学院大学(西宮)
⑪ 上野陽子, 作田由衣子, 現代女性のファッションおよびメイクの色彩が印象に及ぼす影響, 日本顔学会大会・フォーラム顔学 2010, 2010 年 10 月 24 日, 東京医科歯科大学(東京)
⑫ 中原佳澄, 伊師華江, 理想的な化粧顔イメージに近づく化粧品配色の検討, 東北心理学会 第 64 回大会, 2010 年 9 月 12 日, 宮城学院女子大学(仙台)
⑬ 作田由衣子, 単純接触による印象への潜在的影響, 日本認知心理学会第 8 回大会, 2010 年 5 月 29 日, 西南学院大学(福岡)
⑭ 遠藤聖也, 中村亮太, 作田由衣子, 赤松茂, 顔画像の意図的学習時と印象判断時における眼球運動の比較検討, 電子情報通信学会 2010 年総合大会, 2010 年 3 月 17 日, 東北大学(仙台)
⑮ 蒲池みゆき, 視線の水平と奥行きの知覚特性, 日本視覚学会 2010 年冬季大会, 2010 年1月 22 日, 工学院大学(東京)
⑯ 中原佳澄, 伊師華江, SD 法を用いた化粧顔の理想的イメージに関する検討―肌とアイシャドウの色に着目して―, 日本顔学会大会・フォーラム顔学 2009, 2009 年 11 月 1 日, 鹿児島大学(鹿児島)
⑰ 菅原甫史, 赤松茂, 指差し動作認識によるスライドパズルの実装とその評価－ 机型実世界指向インターフェースの構築に向けて－, 画像電子学会年次大会, 2009 年 6 月 25 日, ときわ市民ホール(旭川)
⑱ 武田修平, 赤松茂, Gabor 特徴量を用いた AdaBoost による顔画像の属性判別, 画像電子学会年次大会, 2009 年 6 月 25 日, ときわ市民ホール(旭川)
⑲ 関根祥介, 蒲池みゆき, 赤松茂, 任意の人物の顔をもち、表情と視線の動きを制御できる3次元エージェントの生成, 画像電子学会年次大会, 2009 年 6 月 25 日, ときわ市民ホール(旭川)
⑳ 稲葉善典, 伊師華江, 河内純平, 行場次朗, 赤松茂, SD 法を用いた 3 次元モーフィングモデルの印象変換と妥当性の評価, 画像電子学会年次大会, 2009 年 6 月 25 日, ときわ市民ホール(旭川)

〔図書〕(計2件)
① 行場次朗, ミネルヴァ書房, よくわかる認知科学「美」, 2010, pp.138-139
② 行場次朗, 電子情報通信学会, 知識ベース「形とイメージ」, 2009, pp.1-14

〔産業財産権〕
○出願状況(計0件)
○取得状況(計0件)

〔その他〕
ホームページ等
http://www.k.hosei.ac.jp/~akamatsu/

6. 研究組織
(1)研究代表者
赤松 茂(AKAMATSU SHIGERU)
法政大学・理工学部・教授
研究者番号: 50339503
(2)研究分担者
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
蒲池 みゆき(KAMACHI MIYUKI)
工学院大学・情報学部・准教授
研究者番号: 70395101
(H23: 連携研究者)
伊師 華江(ISHI HANAE)
仙台高等専門学校・建築デザイン学科・准教授
研究者番号: 10435406
作田 由衣子(SAKUTA YUIKO)
玉川大学・脳科学研究所・研究員
研究者番号: 30454078
(3)連携研究者
蒲池 みゆき(KAMACHI MIYUKI)
工学院大学・情報学部・准教授
研究者番号: 70395101
(H21～H22: 研究分担者)