

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 6 日現在

機関番号：32675

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2012～2014

課題番号：24300087

研究課題名(和文) 3次元顔モーフィングモデルによる高次視覚印象の創出と感性インタフェースへの応用

研究課題名(英文) Generation of higher-order facial impressions based on the morphable 3D face model and its application 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

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,600,000円

研究成果の概要(和文)：顔の見え方を規定しているさまざまな要因として、顔の3次元形状における個人差という静的な物理特性に加えて、顔の姿勢の変化、視線による注視点の変化、表情表出におけるダイナミックな形状変化、化粧による見かけの人為的な操作などによる、顔の3次元像の見え方の動的な変動にも着目し、これらの諸要因が顔から知覚される高次視覚印象の心理量に与える影響を分析した。そして、顔が創出する視覚像を媒介として、コンピュータと人間の間で高次印象をやりとりする感性コミュニケーションを可能にするような感性インタフェースの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 in 3D but also dynamic traits of the face caused by its change of posture and variation in direction of the gaze for its observation, creating facial expressions, effects of aging, wearing make-up and so on, were investigated in terms of their effects given to the higher-order impression perceived in the face. Insights on image engineering technologies for perceptual interface system, such as transformation of social impressions conveyed by the face of the anthropomorphic agent and estimation of the age from faces, were also investigate in this report.

研究分野：画像認識・生成、ヒューマンインタフェース、感性情報処理、顔の認知

キーワード：感性情報処理 高次視覚印象 顔認知 顔の3次元モデル 感性インタフェース 表情表出・認識 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することができ、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るし、表情からその人の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。研究代表者らは、顔から視覚を通じて認知される感性情報のうち人物の魅力や品性のような複数の印象要因から総合的に判断される高次印象を研究対象として、これらの高次印象に関して人が認知する心理量と、顔や人工造形物の画像や3次元形状から得られる物理的特徴との関係を明らかにする数理モデルを提案し、顔画像の印象変換処理や、多数の観察者の共通の感性にマッチした造形物のデザイン創出法などへの工学的応用の可能性を探ってきた。

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、姿勢変化、視線の動き、表情変化など、顔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モデル化し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する高次印象という感性情報を観察者に効果的に知覚させるような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・機械間のインタフェースの高度化に寄与することが期待されるが、併せて、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、心理実験を通じ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、観察時の姿勢、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ることとし、これらが魅力や品性などの高次視覚印象に与える影響を予測するモデルを求め、その妥当性を実験的に検証するため、以下の課題の解決を目標として取り組んだ。

- (1) 表情表出において、顔の3次元形状の多様性と、人に認知される感情などの高次視覚印象との関係を明らかにする。
- (2) 表情表出において、顔の3次元像の動的な変化と、人に認知される感情などの高次視覚印象との関係を明らかにする。
- (3) 顔の局所的特徴と顔が創出する高次視覚印象との関係をモデル化する。
- (4) 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。
- (5) 顔の高次印象認知に関する基本的性質や、とくに化粧が顔印象に与える効果について、心理実験を通して明らかにする。
- (6) 視覚を通じて顔や身体が発信している

感性情報をコンピュータで認識・生成できるようにする知覚的インタフェース構築に関わる実装上の課題を明らかにする。

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) 3次元形状の多様性をモーフィングモデルにより少数のパラメータで表現し、このパラメータを適切に修正することによって高次視覚印象の人為的な変換が可能となる「印象変換ベクトル法」を発話表情表出時の顔の3次元像に適用し、印象変換の効果を実験心理学的に検証した。
- (2) 表情表出時の顔の3次元動的動作にともなう顔面の少数の特徴点の変位をモーションキャプチャで計測し、その時系列データを主成分分析によって次元圧縮したパラメータから、(1)に示した顔の3次元形状のモーフィングモデルのパラメータを推定することで、表情表出にともなう顔3次元像の動画像を生成して可視化するアルゴリズムを検討し、その妥当性の評価を行った。
- (3) 人が顔画像から相手の老若や社交性などについての印象判断を行っている場合に、リアルタイム視線検出装置 EyeLink を用いて観察者の視線の注視点の時空間分布を計測し、その測定結果と、一対比較法などによって得られた印象評定結果の心理量との関係を分析した。
- (4) 顔視覚像の物理的パラメータ表現法の具体例として Gabor 特徴に着目し、高次視覚印象の心理量への対応付けのモデル化の試みとして、顔画像から人物の年齢を推定するアルゴリズムの検討を行った。
- (5) 顔のネガティブ印象またはポジティブ印象の優位性を明らかにするために、怒り、悲しみ、嫌悪、幸福、中性の印象をもつ顔刺激を用いて、検出課題（種々の印象をもつ顔刺激の中から1つだけ印象の異なるものをできるだけ速く検出する）と、記憶課題（種々の印象をもつ顔刺激をブランク画面と交互に提示した後、特定位置にあった表情の種類を答える）を実施した。また、対人コミュニケーションにおける化粧の効果を明らかにするため、二者間会話場面における化粧の心理的・行動的效果を検証する実験を行った。
- (6) Kinect センサーで取得されるカラー画像と距離画像を用いて、指さしによるポインティングインタフェース、ならびに、指文字による数字認識システムを実装し、その技術的課題を検討した。

4. 研究成果

- (1) 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に印象変換ベクトルを重み付き加算して変化させることによって、人間による印象判断とよく整合するような形状を生

成する手法である。先行研究ではこの印象変換ベクトルを Fisher 線形識別関数に基づいて求めていたため、形状の異なる顔に対しても同一の印象変換ベクトルが適用されることになり、顔の個人差に応じた印象変換が得られない場合があった。本研究では、Support Vector Machine の学習の過程で求まる Support Vector を用いて、個別の顔形状に応じた印象変換ベクトルを求める手法を提案した。生成された表情顔に対する印象変換結果 (図 1 参照) の妥当性について、一対比較法を用いた主観評定実験を行い (図 2 参照)、その有効性を明らかにした【論文】



図1 「閉口笑顔」の印象変換結果の比較
(a): 印象変換なし (b): 従来法 (Fisher 法)
(c): 提案法 (SVM 法)

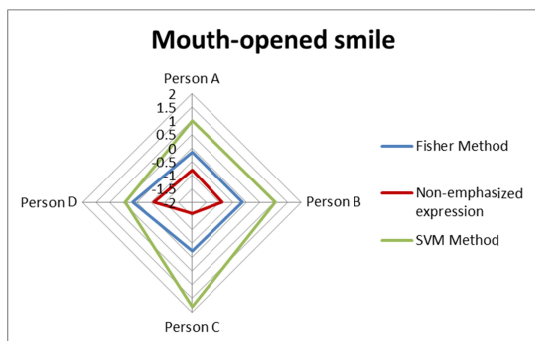


図2 異なる人物 A ~ D の顔に対する印象変換の主観評定による比較

(2) モーションキャプチャと、3次元レンジファインダとを用いて表情表出時の顔を計測し、両者によるデータの関係をモデル化した結果を用いて、モーションキャプチャで得られた新規の顔の動きから毎フレームの3次元顔を推定することで、動的な3次元顔アニメーションの生成を行った。この推定のために、モーションキャプチャデータの主成分分析によって求めた主成分得点行列 M と、顔の3次元形状データの主成分分析によって求めた主成分得点行列 A とを、(1)式のように等号で結ぶ推定行列 X を、最小二乗法を用いて(2)式のように算出した。

$$A \sim XM \quad (1)$$

$$X = AM^T(MM^T)^{-1} \quad (2) \quad M^T \dots \text{転置行列}$$

ある人物が表情を生成する過程のモーションキャプチャデータから、この推定行列 X を用いて推定された、真顔から表情顔までの3次元顔表情の変位を、任意人物の真顔

の3次元形状データに付加することで、その人物が真顔からその表情を生成する過程の動的な3次元顔アニメーションが得られた。

モーションキャプチャで計測されたある観察点(マーカ点)と、生成されたアニメーションの顔面上の対応する観察点(図3参照)の3次元位置の誤差は、6表情の平均で1.6mmに収まった。

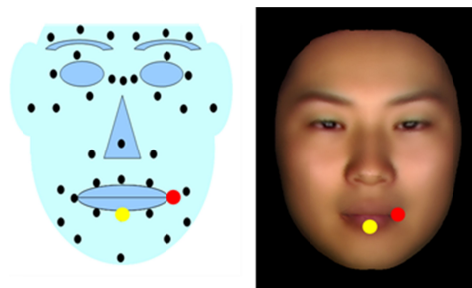


図3 モーションキャプチャで計測したマーカ点と、生成された3次元顔面上の対応点

モーションキャプチャで計測したマーカ点の動きのみを可視化したモーション動画と、本手法で生成されたアニメーションとをそれぞれ提示した場合の、被験者による表情の主観評定結果を以下の表1、表2に示す。

【論文】

表1. 評定結果 ~ マーカ点のモーション動画 ~

モーション動画 単位[%]	正解率						
	[あ]の 発話	[い]の 発話	[う]の 発話	[お]の 発話	開口 笑顔	閉口 笑顔	
人物	A	50	21	21	79	64	71
	B	50	36	64	64	57	7
	C	50	50	0	64	57	64

表2. 評定結果 ~ 3次元顔アニメーション ~

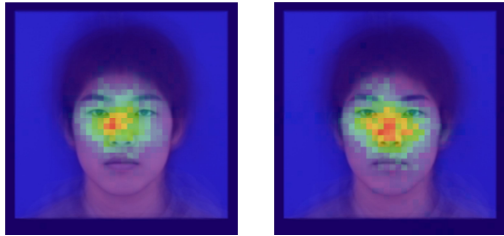
動的3次元顔表情 単位[%]	正解率						
	[あ]の 発話	[い]の 発話	[う]の 発話	[お]の 発話	開口 笑顔	閉口 笑顔	
人物	A	98	57	50	100	81	100
	B	93	45	76	86	52	100
	C	100	83	48	90	90	100

(3) 顔画像から年齢推定を行う手法を提案した。具体的にはまず顔画像に配置された特徴点から Gabor 特徴を抽出し、その内、加齢変化の影響を受けやすい特徴成分のみを選択した。さらに、これらの特徴に主成分分析を施し、年齢の違いを効率的に表現する低次元のベクトルを得た。こうして得られた主成分からなる低次の特徴ベクトルを用いて、重回帰分析を行って Gabor 特徴の成分から年齢を推定する回帰式を求めた。この回帰式を用いて当該人物の顔画像から年齢を推定し、その結果を評価した。また、自動年齢推定システム実現の為に、特徴点を自動的に配置する手法を開発し、年齢推定を試みた。そして目視と自動という異なる特徴点抽出法にともなう年齢推定の比較を行った。以下の表3に、年齢推定の精度比較の結果を示す。【論文】

表3 手動と自動による特徴点配置に応じた年齢推定性能（絶対平均誤差）の比較

特徴	目視			自動		
	男性	女性	平均	男性	女性	平均
全特徴	9.34	7.88	8.61	10.16	9.73	9.94
相関	8.08	7.55	7.82	9.30	10.11	9.95
級内級間	7.42	7.11	7.26	10.24	9.47	9.85
主成分	7.01	6.97	6.99	10.24	9.47	9.85

(4) 顔の局所的特徴と顔が創出する高次視覚印象との関係のモデル化に関しては、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として表すとともに、顔画像からの社交性と老若の属性に関する印象判断結果を一対比較法によって定量化した。そして、顔の社交性判断と老若判断という異なる印象判断課題の間で、顔画像観測時の視線の停留点と停留時間に違いがあるかを比較する実験を行った結果、「社交性判断より老若判断において、より広範囲かつ顔の上側を観る傾向がある」(図4参照)、「女性被験者は男性被験者より、より広範囲を見て判断している傾向がある」など、幾つかの性質が明らかになった。【論文】



(社交性の印象判断時) (老若の印象判断時)
図4 注視点の累積停留時間ヒストグラム

(5) 印象認知の優位性に関しては、図5に示すように、ネガティブ顔の優位効果が視覚処理の初期段階(検出過程)で見られ、ポジティブ顔の優位効果は高次認知処理段階(記憶過程)にあらわれることが判明した【論文】。同様の実験を、感情の同定や記述に困難を示す障害をもつアレキシサイミア傾向者に対しても実施したところ、記憶に関して、危険度の高い顔刺激(怒り)の検出処理には異常がみられないが、危険度の低い顔刺激(幸福)の記憶に対しては特異的な機能不全を示すことがわかった【論文】。これによりアレキシサイミア傾向者に対しては感性インタフェースを利用し、ポジティブ印象をもつ顔の処理機能(特に高次認知の記憶の側面)の改善を促す心理的介入や支援を行うことの重要性が示された。

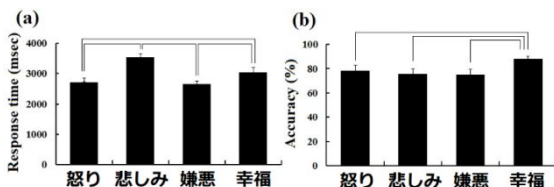


図5 検出課題(a)と記憶課題(b)の実験結果

化粧の効果に関しては、図6に示すように、二者間の会話場面で、参加者が素顔で会話を行う素顔条件と化粧を施して会話を行う化粧条件とを設けた。会話終了時の不安感と会話中のアイコンタクトの回数・時間を測定して分析した結果、化粧条件の参加者は素顔条件に比べて不安が低く、アイコンタクトの回数・合計時間ともに多いことが確認された。これは、対人コミュニケーション場面において化粧の使用が不安を緩和させ、コミュニケーション行動を促進する可能性を示している。このような化粧の効果は、参加者個人の性格的な不安傾向の違いによっても影響を受けることが示された【論文】。

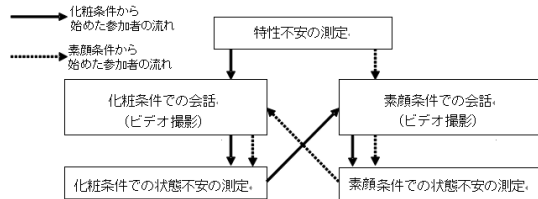


図6 化粧の心理的・行動的效果の検証実験

(6) 大画面ディスプレイ上を3×3に分割して配置した視覚 Object の指さし動作による選択、および、0~9の数字の指文字ジェスチャによる認識(図7参照)を、いずれも Kinect センサーから得られる距離画像を利用して実装し、前者では平均 91.3%、後者では平均 80.8%の認識率が得られた。【学会発表】



(指さし認識システム) (認識対象の指文字)
図7 視覚インタフェースシステムの構築

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33件)

荒井雄大, 永田俊介, 稲葉善典, 赤松茂, “三次元顔モーフィングモデルにもとづく顔印象の生成 SVMを用いた印象変換ベクトルによる顔形状の変形操作,”画像電子学会研究会技術報告, 査読無, 14-02-06, 2015, pp.52-55

丸山阿弓, 齋藤優美子, 飯田峻広, 稲葉善典, 赤松茂, “顔画像に対する印象判断時の視線分析 印象判断の内容による違いと化粧が及ぼす影響,”画像電子学会研究会技術報告, 査読無, 14-02-07, 2015, pp.56-61

J. Takahashi, T. Hirano and J. Gyoba, “Effects of facial expressions on visual short-term memory in relation to alexithymia

traits," Personality and Individual Differences, 査読有, 83, 2015, pp.128-135, DOI: 10.1016/j.paid.2015.04.010

A. Maruyama, T. Iida, Y. Saitou, Y. Inaba, H. Ishi, J. Gyoba and S. Akamatsu, "Analysis of eye fixation points in different facial impression judgments," Proc. of International Workshop on Advanced Image Technology 2015, 査読有, 2015, CD-ROM

H. Asamizu, M. Takaku, T. Hirase, Y. Inaba and S. Akamatsu, "Age Estimation from Face Images Using Gabor Features: Study of features selection based on ratio of between-class to within-class variances," Proc. of International Workshop on Advanced Image Technology 2015, 査読有, 2015, CD-ROM

Y. Inaba, S. Yamamoto, K. Iwasa and S. Akamatsu, "Discrimination of Facial Expression Using Dynamic Features of Sparse 3D Face Obtained by Motion Capture," IIEEJ Trans. on Image Electronics and Visual Computing, 査読有, Vol.2, No.2, 2014, pp.195-200

荒井雄大, 堀井和也, 永田俊介, 稲葉善典, 赤松茂, "印象変換ベクトル法による任意の表出強度を持った新規3次元顔表情の生成," 芸術科学会NICOGRAPH2014論文集, 査読有, 2014, CD-ROM

S. Nagata, Y. Arai, S. Takagi, Y. Inaba and S. Akamatsu, "Synthesis of dynamic 3D facial expressions based on 3D facial movement measured by motion capture system," Proc. of the 4th IIEEJ International Workshop on Image Electronics and Visual Computing, 査読有, 2014, CD-ROM

H. Asamizu, M. Takaku, T. Hirase, Y. Inaba and S. Akamatsu, "Age estimation by Gabor features extracted from face image: feature selection based on ratio of between-class to within-class variances," Proc. of the 4th IIEEJ International Workshop on Image Electronics and Visual Computing, 査読有, 2014, CD-ROM

高橋純一, 村井諒平, 平野智久, 行場次朗, "ネガティブ顔優位性効果とポジティブ顔優位性効果の異なる生起過程," 認知科学, 査読有, 21, 2014, pp.363-371

S. Nagata, Y. Arai, Y. Inaba and S. Akamatsu, "Estimation of 3D facial expressions based on 3D facial movement measured by motion capture system and its evaluation," Proc. of International Workshop on Advanced Image Technology 2014, 査読有, 2014, pp.104-109, CD-ROM

A. Maruyama, Y. Inaba, H. Ishi, J. Gyoba and S. Akamatsu, "Is a different part of the face dominantly gazed at in different impression judgments?" Proc. of International Workshop on Advanced Image

Technology 2014, 査読有, 2014, pp.42-46, CD-ROM

H. Asamizu, K. Sugata, Y. Inaba and S. Akamatsu, "Age estimation by multi-regression analysis using the Gabor features that are strongly influenced by aging," Proc. of International Workshop on Advanced Image Technology 2014, 査読有, 2014, pp.84-88, CD-ROM

荒井雄大, 永田俊介, 稲葉善典, 赤松茂, "SVM を用いた印象変換ベクトル法による3次元顔印象強調の試み," 映像情報メディア学会技術報告, 査読無, Vol.38, No.7, 2014, pp.301-306

永田俊介, 荒井雄大, 稲葉善典, 赤松茂, "モーションキャプチャで計測された形状の動的変化を再現する3次元顔の表情生成," 電子情報通信学会HCGシンポジウム2013論文集, 査読無, HCG2013-C-1-4, 2013, pp.62-66

永田俊介, 荒井雄大, 稲葉善典, 赤松茂, "モーションキャプチャで得られる顔の動きを用いた動的な3次元顔表情生成とその評価," 芸術科学会NICOGRAPH2013論文集, 査読有, 2013, CD-ROM

伊師華江, 菅井楓, "対人コミュニケーション場面における化粧の効果の検討" 日本顔学会誌, 査読有, 13巻第1号, 2013, pp.111-119

丸山阿弓, 松山歩, 中村夏子, 稲葉善典, 伊師華江, 行場次朗, 赤松茂, "2次元顔画像に対する異なる印象判断時の眼球運動比較 停留点と停留時間の分析," 映像情報メディア学会技術報告, 査読無, Vol.37, No.8, 2013, pp.61-64

K. Sugata, H. Asamizu, Y. Inaba and S. Akamatsu, "Age-group Estimation from Face Images using Gabor Features Strongly Influenced by Aging," Proc. of International Workshop on Advanced Image Technology 2013, 査読有, pp.978-982, CD-ROM

S. Yamamoto, S. Nagata, K. Iwasa, Y. Inaba and S. Akamatsu, "Discrimination of Facial Expressions Based on Dynamic 3D Features Measured by Motion Capture System and Rangefinder," Proc. of International Workshop on Advanced Image Technology 2013, 査読有, pp.988-993, CD-ROM

[学会発表](計55件)

高久将来, "顔画像からの自動年齢推定システム," 動的画像処理実利用化ワークショップDIA2015, 2015年3月6日, 広島工業大学(広島県・広島市)

村松将尚, "画像情報と距離情報にもとづく腕指しインタフェースシステム," 動的画像処理実利用化ワークショップDIA2015, 2015年3月6日, 広島工業大学(広島県・広島市)

中嶋文香, "距離画像の部分空間法による指文字認識システム," 動的画像処理実利用化ワークショップDIA2015, 2015年3月6日, 広

島工業大学(広島県・広島市)
丸山阿弓,“顔画像に対する異なる印象判断時の視線分析と比較,”電子情報通信学会HCGシンポジウム2014,2014年12月17日,海峡メッセ下関(山口県・下関市)
齋藤優美子,“顔の異なる印象判断にともなう視線方向の分析 化粧が注視方向に及ぼす影響,”電子情報通信学会HCGシンポジウム2014,2014年12月17日,海峡メッセ下関(山口県・下関市)
岩佐香織,“顔面の疎な特徴点の動的3次元変位情報を用いた表情の識別,”電子情報通信学会HCGシンポジウム2014,2014年12月17日,海峡メッセ下関(山口県・下関市)
Y. Arai,“How does the transformation of 3D-shaped avatar faces based on Support Vector Machine learning increase human sensibility to facial expressions?” 37th European Conference on Visual Perception, Aug. 27, 2014, Belgrade(Serbia)
永田俊介,“モーションキャプチャを用いて生成された動的3次元顔表情の妥当性評価,”2014年度画像電子学会第42回年次大会,2014年6月29日,早稲田大学(東京都・新宿区)
荒井雄大,“三次元顔モデルにおける発話表情の表出 SVMにもとづく印象変換ベクトル法による顔モーフィングモデルの操作,”情報処理学会グラフィックスとCAD研究会第41回年次大会,2014年6月28日,NTT横須賀研究開発センタ(神奈川県・横須賀市)
村松将尚,“TOFカメラとWebカメラを用いた腕さし方向推定システム,”動的画像処理実用化ワークショップDIA2014,2014年3月7日,熊本大学(熊本県・熊本市)
荒井雄大,“3次元モーフィングモデルにもとづく顔表情の生成 類似した表情間の印象差強調の試み,”電子情報通信学会HCGシンポジウム2013,2013年12月18日,松山市総合コミュニケーションセンター(愛媛県・松山市)
浅水宏文,“顔画像から抽出されるGabor特徴を用いた年齢推定 加齢変化との相関の高い特徴成分選択による重回帰分析への影響,”電子情報通信学会HCGシンポジウム2013,2013年12月18日,松山市総合コミュニケーションセンター(愛媛県・松山市)
S. Nagata,“Does reproduction of more precise spatiotemporal dynamics for 3D avatar faces increase the recognition accuracy of facial expressions?” 36th European Conference on Visual Perception, Aug. 25, 2013, Bremen(Germany)
A. Maruyama,“Does the visual perception strategy differ during impression judgments of faces in different individual attributes?” 36th European Conference on Visual Perception, Aug. 25, 2013, Bremen (Germany)

永田俊介,“三次元モーフィングモデルに基づく動的な三次元顔表情の生成,”2013年度画像電子学会第41回年次大会,2013年6月22日,青森市文化会館(青森県・青森市)
天木毬江,“多数の表情顔の3D形状に対する主成分分析に基づいた新規人物の表情生成の試み,”電子情報通信学会 HCGシンポジウム 2012,2012年12月11日,くまもと森都心プラザ(熊本県・熊本市)
永田俊介,“表情表出時の顔三次元形状の動的変化を記述する低次元パラメータの妥当性評価,”電子情報通信学会 HCGシンポジウム 2012,2012年12月11日,くまもと森都心プラザ(熊本県・熊本市)
N. Nakamura,“Comparing eye movements during impression judgment of faces in different personality traits: analysis of fixation locations and durations,” 35th European Conference on Visual Perception, Sept. 4 2012, Alghero(Italy)
菅田幸希,“顔画像の Gabor 特徴による人物の年齢層推定 特定人物の顔の加齢変化に注目した特徴選択の効果,”2012年映像情報メディア学会年次大会,2012年8月29日,広島市立大学(広島県・広島市)
伊師華江,“表情変化を伴う真顔の感情印象に関する検討,”日本認知心理学会第10回大会,2012年6月25日,岡山大学(岡山県・岡山市)

〔図書〕(計1件)

赤松茂・金子正秀(2013),“コンピュータによる顔の印象の分析と合成,”山口真美・柿木隆介(編)“顔を科学する 適応と障害の脳科学,”東京大学出版会,pp.287-306

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・文学研究科・教授
研究者番号: 50142899
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