

## 3次元顔表象の操作で創出される異種高次印象のモデル化と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 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)

2019-06-03

令和元年6月3日現在

機関番号：32675

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K00378

研究課題名(和文) 3次元顔表象の操作で創出される異種高次印象のモデル化と感性インタフェースへの応用

研究課題名(英文) Investigation on generation and perception 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) 3,500,000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。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の結果から、任意の顔に対してその好感度を高めるなど、顔印象を自在に操作することによって感性情報を効果的に発信できるような擬人化エージェントの設計指針が得られるとともに、任意の顔画像に対して多くの人による印象判断をなぞるような分類・検索機能を実現することが可能となり、人間・コンピュータ間の感性インタフェース技術の高度化への寄与が期待される。併せて、3次元顔表象から視覚を通じて様々な高次印象が想起される過程など、顔認知の脳内メカニズムの解明にマクロな視点から貢献することも期待される。

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：画像工学、ヒューマンインタフェース、感性情報処理

キーワード：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 視覚印象 眼球運動

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

### 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。また、表情からは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、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、これらの高次印象に関して人によって認知される心理量との関係を明らかにするような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る研究にこれまで取り組んでいた。

本研究は、このような先行研究の成果をふまえた上で、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したものである。

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によって知覚される感性情報との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によって、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

顔をもつ擬人化エージェントに、人物の魅力、品性などの高次視覚印象をより効果的に伝達させる設計指針を得るため、顔の見え方を規定している物理的要因が人に知覚される高次視覚印象の心理量に与える影響をモデル化することを目的とする研究を進めた。具体的には、顔パターンの見え方の多様性を表すモーフィングモデルに基づき、統制された高次視覚印象を生成する印象変換ベクトル法に関して、以下の課題の解決を目的として進めた。

- (1) 顔貌の多様性に拘わらず、印象変換ベクトル法によってロバストな印象変換が可能であることを検証する
- (2) 印象変換ベクトル法の応用として、3次元顔表象から高次印象を自動認識するシステムの構築が可能であることを示す
- (3) 3次元顔表象を視覚刺激とする高次印象判断時の観測行動の特性を、視線停留点の時系列的な動きから分析する

なお、当初計画では第4の課題として、3次元顔表象から視覚と触覚によって想起される高次印象の関連性を明らかにすることを目標としていたが、初年度における検討の結果、本プロジェクトで導入が可能で3Dプリンタでは、実験に必要なレベルの精度や質感で3次元顔を可触化することが困難であることが判明したため、本研究では人の触覚による顔の印象判断特性を解明する実験計画を取り下げ、その分のリソースを、最新のRGB-Dカメラの導入によって、(1)(2)で用いる3次元顔表象取得の高度化に充てることにした。

### 3. 研究の方法

上記(1)～(3)の研究目標を達成し、擬人化エージェントによって人物の魅力や品性などの高次視覚印象をより効果的に伝達させる設計指針を得るために、それぞれ以下の方法で研究を進めた。

- (1) 顔の3次元アニメーションによって自然な発話表情時の動きを生成することを目指し、そのために多様な顔に対する表情表出時の変形を表現することのできるモーフィングモデルを作成し、そのパラメータを、先行研究で取り組んできたサポートベクターマシンなどによって得られた印象変換ベクトルを用いて調整することで、新規人物の顔に対して発話時の動的な表情を生成する方法を検討した。
- (2) 人物の年齢に関する印象を顔画像から自動認識することを目指し、顔の2次元画像上に検出する幾つかの特徴点にGaborフィルターを施すことによって得られるGaborJetと呼ばれる多次元特徴を用いて年齢を推定するシステムの構築について検討した。  
また、表情は顔という3次元物体の連続的な変形を伴う動きによって表出されるため、発話表情の認識にあたっては各表情カテゴリの3次元プロトタイプを学習データとして自動収集することが必要となる。そこで、顔面に定義した各特徴点の発話時の3次元位置変化をモーションキャプチャシステムによって計測し、連続的に変化する発話表情データから各母音に対応するキーフレームを抽出する方法の検討を進めた。
- (3) 顔表象に対する高次印象判断時の観察行動の分析に関しては、顔印象の人為的な操作が人の人物に対する記憶や認識に及ぼす影響を明らかにすることを目指し、さまざまな次元における顔の印象をポジティブ方向とネガティブ方向にそれぞれ操作して再合成された顔画像に対する再認識成績を明らかにする実験を行った。

また、顔の再認識課題を行っている被験者の視線動作とその際の再認識成績との関係に関して、視線の注視点位置の時系列的な遷移のパターンに着目して、再認識成績との関係を探ることにした。その手法としては、状態遷移を時系列的に扱う手法として知られる隠れマルコフモデル(HMM)に基づくクラス分類の性能を評価尺度として用いた。観察者の個人差、顔刺激の個体差、そして顔刺激のもたらす印象の違いといった3つの側面から比較検討を行った。

#### 4. 研究成果

(1) 3次元アニメーションにおいて顔の表情表出の自然な動きを再現するために、多数の人物による表情表出時の顔の3次元形状データに主成分分析を適用することによって、多様な変形を表すモーフィングモデルを作成し、そのパラメータ空間内でのサポートベクタマシン(SVM)にもとづいて得られた「印象変換ベクトル」を順次適用することによって印象操作の原理によって真顔の変形を行い、新規人物の3次元顔について発話時の表情変化の動きを生成する手法を試み、その妥当性の評価を行った。本研究によって真顔から生成された発話時表情の最終フレームの例を図1に示す。そして提案手法によって生成された発話時の表情表出動画像を20名以上からなる被験者にどの表情に見えるかの主観評定を行ってもらった。評定は、それぞれの表情を表出する動画像のピークフレームを1枚ずつランダムに被験者に提示して、それらが a、i、u、e、o、開口笑顔、閉口笑顔、のどの表情表出に見えるかを選択してもらうことによって行った。表1はそのような主観評定結果の一部を示す。【論文 , 発表 】

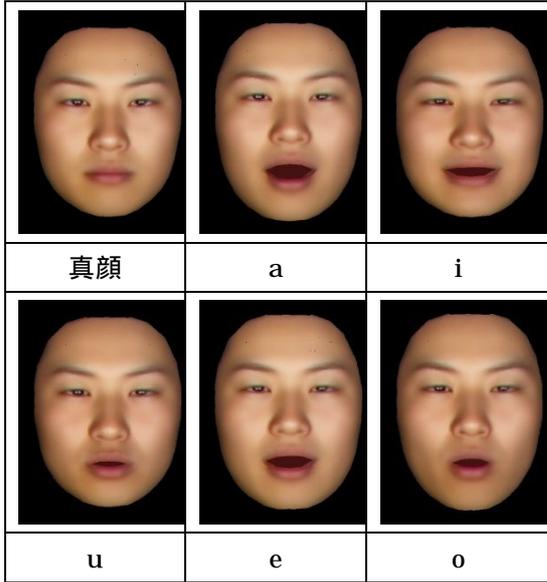


図1 入力された真顔と発話時の表情の最終フレーム画像

印象変換	被験者が選択した表情							
	あ	い	う	え	お	開口笑顔	閉口笑顔	
提示した表情	あ	91	0	0	0	9	0	0
	い	0	45	0	9	0	9	45
	う	0	0	65	15	20	0	0
	え	60	0	0	40	0	0	0
	お	0	0	48	0	52	0	0
	開口笑顔	0	0	0	0	0	100	0
	閉口笑顔	0	9	0	0	0	0	91

表1 提案手法で生成された発話表情に対する主観評定結果

(2) 顔パターンから人物の高次印象を認識する感性インタフェースへの応用に関しては、人物の年齢の印象を推定する研究に引き続き取り組んだ。2次元顔画像上に配置された幾つかの特徴点に Gabor フィルターを施すことで得られる Gabor 特徴に加えて、新たに顔造作の配置や形状を表す形状特徴を導入した。そして、これら2種類の特徴を合成した多次元特徴に主成分分析を施すことによって、年齢の違いをより効果的に表現した低次元ベクトルが得られた。この特徴ベクトルから年齢層のクラスごとに求めた平均ベクトルを識別辞書として、新規顔の特徴ベクトルとのユークリッド距離に基づいて最小距離識別を実施することで、図2に示すように年齢推定精度の向上が確認された。【論文 , 発表 】

また、表情は顔という3次元物体の連続的な変形を伴う動きによって表出されるため、3次元的な解析が望ましい。そこで、発話時の顔面形状の推移を表す特徴点の時系列的な3次元位置情報をモーションキャプチャシステムによって計測し、顔の複雑な形状を表現する多数の特徴点の3次元位置ベクトルを統合した多次元ベクトルについて、主成分分析によって次元圧縮したベクトル間のマハラノビス距離を評価尺度として、連続的に変化する発話表情を、母音発声に対応するキーフレーム区間に分割する方法の検討を行った。真顔 [あ] [い] [う] [え] [お] 真顔の順で連続的に変化させた発話表情データの各フレームから得られた3次元特徴ベクトルに対して、各母音発声時の3次元特徴ベクトルとの間でマハラノビス距離値の推移を求めると、図3のグラフが得られた。図を見ると、発話区間の母音発声のタイミングに合わせて、マハラノビス距離値に大きな変化が生じている。また、各フレームにおけるマハラノビス距離値の最小値に該当する発話表情は、[あ] [い] [う] [え] [お]の順で遷移していることが確認された。なお、モーションキャプチャによる3次元形状の計測では、顔面に赤外線反射マーカを貼り付けるために被験者の負担が大きいことや、キャリブレーション作業等による撮影環境の構築に非常に時間がかかるため、より実用的なシステムの実現を目指し、RGB-Depth センサである Kinect v2 を用いたマーカレスなテストデータの使用を検討し、良好な結果が得られた。【発表 】

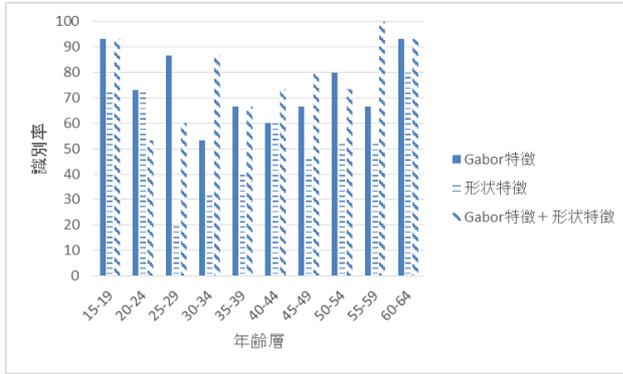


図2 使用する特徴に応じた年齢層の分類精度の比較

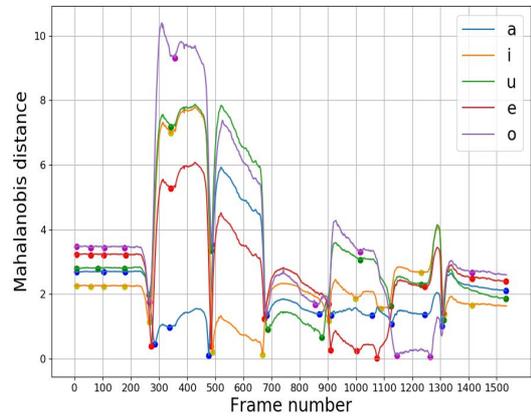


図3 [あ] [い] [う] [え] [お] と発話するデータにおけるマハラノビス距離値の遷移

(3) 人とアバターとのコミュニケーションシステム設計の指針を得るため、3次元顔の印象の変化が人の記憶や認識に及ぼす影響を明らかにすることを目的とし、再認成績と視線運動の観点から検討を行なった。まず、脅威性・支配性・信頼感の3種類の印象について、図4に示すように印象を強める方向に操作した顔画像と印象を弱める方向に操作した顔画像を用いて再認実験を実施した。記憶させた顔画像に対して、印象操作を施した顔を元の人物と見なすかに焦点を当てて分析を行った結果、図5に示すように観察者に対してネガティブな印象が強められる方向への印象操作によって、顔の再認成績が低下することが明らかとなった。また、その際の視線運動についての分析を行った結果、顔の印象の種類や操作方向よりも、個人による記憶の方略の違いの影響が大きい可能性が示唆された。【論文, 発表】

また、顔再認課題における観察者の視線動作と再認成績との間にどのような関係が認められるかを、急速眼球運動解析装置 (EyeLinkCL) を用いた実験によって検討した。ここでは図6の例に示すように、注視点の時系列的遷移に着目して、視線動作パターンと顔の再認成績との関係を探った。具体的には、状態遷移を時系列的に扱う手法として知られ、音声認識や手書き文字認識等でも広く用いられている隠れマルコフモデル (HMM) に基づくクラス分類性能を、評価尺度として用いて、観察者の個人差、顔刺激の個体差、そして顔刺激の与える印象の違いといった、3つの側面から比較検討を行った。その結果、顔の再認成績は顔画像そのものよりも観察者の個人差に依存する傾向が強いこと、また再認成績の高低によって視線動作のパターンには違いが見られる、即ち、再認成績の低い人については視線パターンによる個人認識率が高く、再認成績の高い人については視線動作による個人認識率が低くなる傾向が確認された。このことから、再認成績が高い人ほど視点の遷移に特徴的・固定的なパターンを持たず、逆に再認成績が低い人ほど、視線の動きに固定的なパターンを持つ傾向にあることが示唆された。【発表】

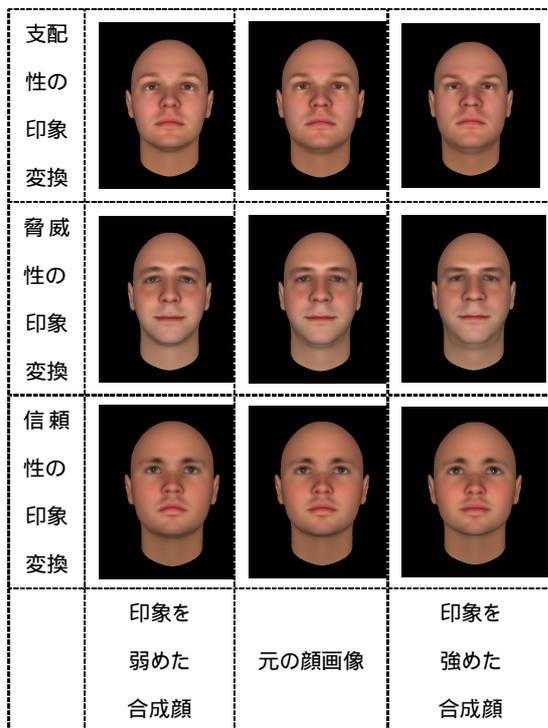


図4 支配性・脅威性・信頼性の印象変換を行った顔画像の例

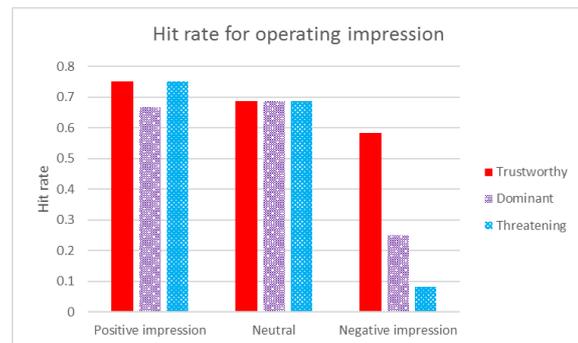


図5 印象変換処理によって操作した印象の種類とその操作方向に応じた再認 Hit 率の変化

## 5. 主な発表論文等

### [雑誌論文](計7件)

Isseki Miwa, Shigeru Akamatsu, "Automatic generation of 3D faces expressing different utterances by modeling individual variation of shape deformation from expressionless faces," Proc. of International Workshop on Advanced Image Technology 2019, 査読有, 2019, CD-ROM, DOI:10.1117/12.2521630

Momoko Hada, Ryoko Yamada, Shigeru Akamatsu, "How does the transformation of an avatar face giving a favorable impression affect human recognition of the face?," Proc. of International Workshop on Advanced Image Technology 2018, 査読有, 2018, CD-ROM, DOI:10.1109/IWAIT.2018.8369655

Ryoko Yamada, Momoko Hada, Yuiko Sakuta, Shigeru Akamatsu, "Does impression manipulation of avatar faces affect observer's face recognition performance and displacement of their gaze?," Proc. of 5<sup>th</sup> IEEE International Workshop on Image Electronics and Visual Computing 2017, 査読有, 2017, CD-ROM

Ryoko Yamada, Momoko Hada, Yuiko Sakuta, Shigeru Akamatsu, "Does an appearance transformation of 3D faces for transmitting social impressions affect people's identification of faces?," Proc. of International Workshop on Advanced Image Technology 2017, 査読有, 2017, CD-ROM

Masaki Takaku, Shigeru Akamatsu, "Age-group classification by face images using both Gabor and facial shape features," Proc. of International Workshop on Advanced Image Technology 2017, 査読有, 2017, CD-ROM

Kazuya Horii, Hikaru Tanaka, Shigeru Akamatsu, "Creating animation of facial speech by stepwise manipulations on morphable 3D face models for impression transformation," Proc. of International Workshop on Advanced Image Technology 2017, 査読有, 2017, CD-ROM

### [学会発表](計24件)

大上俊, 山田涼子, 赤松茂, "顔観察時の視線停留の動的なパターンと顔認知特性との関係を探る," 電子情報通信学会画像工学研究会, 2019年3月14日~15日, 鹿児島大学(鹿児島県・鹿児島市)

安田謙太郎, 赤松茂, "モーションキャプチャから得られる3次元特徴量を用いた表情のセグメンテーション," 動的画像処理実利用化ワークショップ2019, 2019年3月7日~8日, 北九州国際会議場(福岡県・北九州市)

大上俊, 山田涼子, 赤松茂, "隠れマルコフモデルによる視線動作のモデル化から顔再認特性を探る," 映像情報メディア学会冬季大会 2018, 2018年12月20日~21日, 東京工業大学田町キャンパス(港区・芝浦)

岡田治樹, 赤松茂, "距離画像に対するCNNを用いた指文字からの数字認識," 電子情報通信学会HCGシンポジウム2018, 2018年12月12日~14日, 伊勢市シンフォニアテクノロジー響(三重県・伊勢市)

三輪一石, 赤松茂, "個人間における3次元顔形状の分類を用いた発話表情生成の試み," 電子情報通信学会HCGシンポジウム2018, 2018年12月12日~14日, 伊勢市シンフォニアテクノロジー響(三重県・伊勢市)

大上俊, 山田涼子, 赤松茂, "HMMに基づく視線動作モデルの個人性と顔再認特性との関係を探る," 電子情報通信学会HCGシンポジウム2018, 2018年12月12日~14日, 伊勢市シンフォニアテクノロジー響(三重県・伊勢市)

Ryoko Yamada, Momoko Hada, Shigeru Akamatsu, "Does appearance transformation of an avatar face changing its favorability impressions affect human recognition of its face?," 41st European Conference on Visual Perception 2018 (ECVP2018), Aug. 26-30, 2018, Trieste, Italy

三輪一石, 赤松茂, "表情間の3次元顔形状差分の分析にもとづく任意人物の発話表情生成の試み," 画像電子学会年次大会 2018, 2018年6月21日~23日, 山形テルサ(山形県・山形市)

羽田桃子, 山田涼子, 赤松茂, "顔に対する好ましさの印象は人による顔認識能力にどのような影響を与えるか," 電子情報通信学会 HCG シンポジウム, 2017年12月13日~15日, 金沢歌劇座(石川県・金沢市)

Ryoko Yamada, Momoko Hada, Shigeru Akamatsu, "How does social impression transformation created on avatar faces affect face recognition performance and eye movement?," 40<sup>th</sup> European Conference on Visual Perception 2017 (ECVP 2017), Aug. 27-31, 2017, Berlin Free University, Berlin, Germany

田中ひかる, 堀井和也, 赤松茂, “3次元顔モーフィングモデルにもとづく顔の印象変換操作 異種レンジファインダ - によって得られる新規の3次元顔への対応”, “電子情報通信学会 HCG シンポジウム, 2016年12月7日~9日, 高知市文化プラザかるぼーと(高知県・高知市)

高久将来, 赤松茂, “顔画像からの Gabor 特徴と形状特徴を用いた自動年齢推定”, “電子情報通信学会 HCG シンポジウム, 2016年12月7日~9日, 高知市文化プラザかるぼーと(高知県・高知市)

堀井和也, 田中ひかる, 赤松茂, “3次元顔モーフィングモデル上の印象変換操作にもとづく発話動画の生成及び評価”, “電子情報通信学会 HCG シンポジウム, 2016年12月7日~9日, 高知市文化プラザかるぼーと(高知県・高知市)

山田涼子, 羽田桃子, 作田由衣子, 赤松茂, “3次元顔アバターに対する印象操作は人による顔の同定にどのように影響するか”, “電子情報通信学会 HCG シンポジウム, 2016年12月7日~9日, 高知市文化プラザかるぼーと(高知県・高知市)

嶋原薫, 伊師華江, “真顔・笑顔のポートレート写真の加工と印象評価”, “日本顔学会年次大会フォーラム顔学 2016, 2016年11月19日~20日, 東京芸術大学(東京都・台東区)

作田由衣子, 山田涼子, 稲葉善典, 赤松茂, “顔の記憶が得意な人の方略を視線計測から探る”, “日本顔学会年次大会フォーラム顔学 2016, 2016年11月19日~20日, 東京芸術大学(東京都・台東区)

Yuiko Sakuta, Ryoko Yamada, Yoshinori Inaba, Shigeru Akamatsu, “People can identify a face even if the person's facial impressions have changed”, “International Conference on Memory, July 17-22, 2016, Budapest, Hungary

作田由衣子, 山田涼子, 稲葉善典, 赤松茂, “顔をおぼえるのが上手い人・下手な人: 再認実験と視線計測からのアプローチ”, “日本認知心理学会第14回大会, 2016年6月18日~19日, 広島大学(広島県・東広島市)

## 6. 研究組織

### (1)研究分担者

研究分担者氏名: 行場 次朗

ローマ字氏名: GYOBA, jiro

所属研究機関名: 東北大学

部局名: 大学院 文学研究科

職名: 教授

研究者番号(8桁): 50142899

研究分担者氏名: 伊師 華江

ローマ字氏名: ISHI, hanae

所属研究機関名: 仙台高等専門学校

部局名: 総合工学科

職名: 准教授

研究者番号(8桁): 10435406

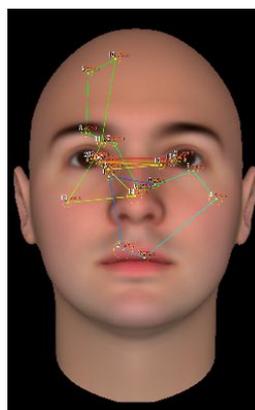


図6 再認実験時に計測された視線運動の例

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。