

自己顔混合エージェントにおける高齢層の信頼性を高める 自己顔年齢操作及び混合率の検討

A Study about Face Age Manipulation and Morph Rate Control to Improve Older People's Trustworthiness of Self-face Morphed Agent

岩田伸治^{1*} 吉田 直人² 米澤 朋子³ 間瀬 健二⁴ 榎堀 優¹
Shinji Iwata¹ Naoto Yoshida² Tomoko Yonezawa³ Kenji Mase⁴ Yu Enokibori¹

¹ 名古屋大学大学院 情報学研究科

¹ Graduate School of Informatics, Nagoya University

² 工学院大学 情報学部

² Faculty of Informatics, Kogakuin University

³ 関西大学 総合情報学部

³ Faculty of Informatics, Kansai University

⁴ 名古屋大学 数理・データ科学教育研究センター

⁴ Mathematical and Data Science Center, Nagoya University

Abstract: 高齢者の健康寿命延伸と運動意欲向上に向け我々は以前に、自己顔混合によるエージェントの信頼性などの変化、ならびに、信頼性と意欲の一定の相関を明らかにした。一方で、高齢者の自己顔混合は、信頼性に負の影響を与える場合も散見された。本研究ではその原因をしわ等の混合と考え、若年化した自己顔の混合による信頼性の向上を目指した。結果、高齢の男性は25歳及び0.0、女性は25歳及び0.2で最も信頼性が高くなった。

1 はじめに

内閣府の高齢社会白書 [1] によると、高齢者の健康寿命は平均寿命と比べて男性は8.73年、女性は12.07年短いと報告されており健康寿命の延伸が求められている。健康に生活するには、リハビリ等の運動課題に対して、意欲的に取り組むことが重要である。

課題に対する意欲向上には、トレーナーの存在が鍵となることが多い。一方で、高齢者数が増加すると、相対的にトレーナーの人数が不足する事が予想され、今後、電子的なトレーナーであるエージェントの利用が増加すると考えられる。そのため、トレーナーの意欲を引き出すエージェントの要素の導入が求められている。

我々は過去、エージェントによる意欲向上を目的とし、自己顔混合等の要素を付与したエージェントを開発した [2]。そのエージェントと高齢者が運動機能計測種目をする実験を通じ、印象及び意欲の評定を取得した。その結果、本実験条件では、エージェントに対し被験者が抱く信頼性が意欲に大きく関連していたが、先

行研究 [3] と異なり自己顔混合と信頼性に負の影響を与える場合も散見された。

その原因として、高齢層においては、自己顔の混合によりしわ等の加齢に伴う顔特徴も追加されてしまい、それが被験者の老いの意識を呼び起こし嫌悪感を喚起したことが考えられた。このことは若年と高齢の顔画像を提示した結果複数の印象評定項目において、高齢の顔の方が有意に低かったことを明らかにし、その原因として加齢に伴う肌・髪等の変化が影響している可能性があるとして述べた Natalie の研究 [4] から伺える。

そこで、自己顔を若年化し混合することで、しわ等の混合を防ぎ、信頼性の向上が可能だと考えた。信頼性の向上ができれば、意欲向上効果を持つエージェントの作成が可能になる。実験として自己顔の年齢と混合率を実験条件に応じ変化させた顔画像の信頼性評価実験を高齢者に実施し、自己顔の年齢と混合率の変化で信頼性を向上させることができるかを調査した。自己顔の混合率は自己顔混合に重要なパラメータだと考えられるため実験条件に追加した。評価方法としては、顔画像の印象評価実験で得られた各顔画像の信頼性の評定を利用した。得られた信頼性の評定結果からベイズ推定による曲面近似で、一番信頼性が高い自己顔の

*連絡先：名古屋大学大学院情報学研究科
〒464-8601 愛知県名古屋市千種区不老町
E-mail: siwata@cmc.is.i.nagoya-u.ac.jp

年齢と混合率を調査した。

2 関連研究

2.1 顔の加齢に伴う印象悪化

顔画像の年齢が高くなるにつれて印象に負の影響を与えたことが先行研究で報告されている。Dylanらは年齢の異なる顔画像を提示し、魅力度を評価してもらう実験を実施した。結果、顔の年齢は魅力度評価に有意に影響し、若い顔の方が高齢の顔より魅力的だと評価されたと述べた [4]。Natalieは若年と高齢の顔画像を提示した結果 Attractiveness・Likeability・Goal Orientation・Energy・Mood の印象評定において、高齢の顔の方が有意に低かったことを報告した。また、その原因として加齢に伴う肌・髪等の変化が影響している可能性があるとして述べられていた [5]。

これらの研究からも、高齢者の自己顔混合で加齢に伴う顔特徴であるしわ等が付与され信頼性にも負の影響を与えたことが考えられる。

2.2 加齢に対する負の感情

加齢に関して負の感情を持つ人が多い可能性を示唆した研究が存在する。Koyanoらは30歳から59歳の日本人成人に、老年期と加齢に関する知識を問うアンケートを実施し日本人成人が老いと加齢に対し否定的な誤解を持っている可能性を提示した [6]。Weissらは高齢者が年齢集団から距離を置くことによって、年齢集団の一員であることの否定的な結果を避けようとするとして仮定しアンケート調査を実施した。結果として、年齢に関する否定的な考えがある高齢者ほど、年齢集団から心理的に解離する可能性が高いことを示唆した [7]。

これらの先行研究からも、高齢者の自己顔混合で老いの意識を呼び起こしネガティブな影響を与えた可能性が示唆される。

3 自己顔の年齢変化及び混合手法

本研究では年齢を変化させた自己顔を混合した顔画像と平均顔の顔画像を実験用の提示画像として作成した。2章で実施した自己顔混合・笑顔・専門性の印象変化要因を持つエージェントとのインタラクション実験と条件を合わせ、性別の影響を加味せずに自己顔の年齢変化による影響のみを測るため被験者と同性の顔画像を使用した。平均顔の作成、自己顔の年齢変化及び自己顔混合は以下の手順で実施した。

1. 中立顔画像の収集
顔表情データベース [8][9] から、中立顔画像を各性別 8 枚ずつ取得する。
2. 平均顔の作成
1. で収集した中立顔画像 8 枚を用い、平均顔を作成する。
3. 年齢を変化させた顔画像の作成
2. で作成した平均顔及び被験者の自己顔画像の年齢を変化させた顔画像を作成する。
4. モーフィング
2. と 3. で作成した顔画像をモーフィングする。

顔画像の年齢変化には SAM[10] を用いた。SAM は顔画像と年齢を入力するとその年齢に応じた顔画像を生成できる深層学習手法である。SAM は入力する年齢を数値として指定できることから本研究で用いた。実験時に上記手順で作成した顔画像を提示する際、髪型や服装の影響を無くすため 2 者の顔を交換する FaceSwap¹ を用いて 1. で使用した男女各 1 枚の顔にはめて提示した。

4 自己顔年齢と混合率の操作が信頼性に及ぼす影響の評価実験

4.1 実験目的

本実験の主な目的は自己顔混合をする際に信頼性を向上させることができる、適切な自己顔の年齢と混合率を調査することである。

4.2 実験概要

本実験はクラウドワークス²でのクラウドソーシング及び対面で実施した。以下に実験の全体の流れを示す。

1. 被験者に実験内容の説明を行い、同意を取る。
2. 被験者の自己顔画像を取得する。
3. 情報通信端末上のブラウザページで被験者が顔画像の印象を評価する。

実験手順 2 の被験者の自己顔画像取得において、クラウドソーシングはクラウドワークス内のチャット機能、対面はその場での撮影により被験者の自己顔画像を取得した。実験手順 3 の顔画像の印象評価において、クラウドワークスは被験者が所有する情報通信端末、対面

¹<https://github.com/wuhuikai/FaceSwap>

²<https://crowdworks.jp/>

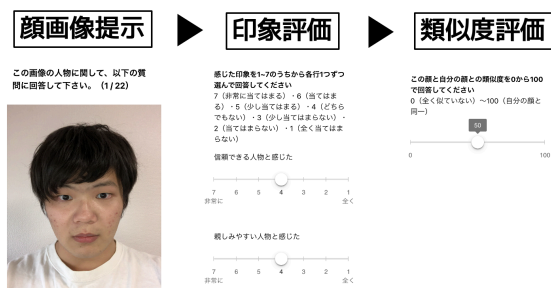


図 1: 信頼性評価実験で用いたページ概要³

はノートパソコン (Dell 社 NEW ALIENWARE m15 R2) で回答を依頼した。実験手順 3 の顔画像の印象評価で用いた印象評価時に表示されるブラウザページの概要を図 1 に示す。このページは顔画像、印象の質問及び類似度の質問が実験中で提示する顔画像の枚数分順番に表示される。ページを下にスクロールすることで、次の顔画像や質問に移ることができる。

印象の質問として信頼性に加え親しみやすさの質問を用い、評価した。我々の実験では親しみやすさと意欲の関係は確認されなかったが、親しみやすさは自己顔により影響を及ぼす項目であることが先行研究 [11] で示されており、自己顔の年齢変化による影響を多角的に調査するため追加した。信頼性は「信頼できる人物と感じた」、親しみやすさは「親しみやすい人物と感じた」という質問に 7 段階のリッカート尺度 (1: 全く当てはまらない, 7: 非常に当てはまる) で回答するようにした。また、被験者が自己顔混合した顔画像をどの程度自分に近いと知覚しているかを調査するため、類似度の質問も実施した。類似度は「この顔と自分との類似度を 0 から 100 で回答してください」という質問に対し、0 から 100 の VAS (0: 全く似ていない, 100: 自分の顔と同一) で回答するようにした。さらに、「アンケートが正しく回答できるかを尋ねるチェック項目が 3 問目と X 問目に存在します。3 問目は「この顔と自分の顔との類似度を 0 から 100 で回答してください」に「100」と回答してください。X 問目は質問文に従い回答してください。」と評価前に教示した。この教示は被験者が回答する際に細部まで見ているかを測ることを想定し入れた。

60 歳以上の高齢層男女各 11 名 (67.7 ± 4.6 歳) に対して実験を実施した。クラウドソーシングで男性 8 名、女性 1 名に対し実施したが、クラウドワークス上で十分な人数が集まらなかったため、対面で残りの人数の実験を実施した。対面実験の被験者は、市のシルバー人材センターを通じて募集した。

自己顔画像の年齢 (25, 40, 55, 70 歳) と自己顔のみを 1 とした場合の自己顔混合率 (0, 0.25, 0.5, 0.75, 1.0)

³ 図中の顔画像は実際に使用した画像とは異なる。

を組み合わせ、教示の質問 2 問を加えた合計 22 枚の顔画像を提示した。顔画像の提示順番は 3 問目と 17 問目を教示の質問として固定し、それ以外をラテン方格でランダム化した。なお順序効果を無くすため分析の際は男女各々 11 人目のデータを除いた男女各 10 名分 (66.6 ± 4.2 歳) のデータを用いた。

4.3 評価指標

提示する顔画像の年齢・自己顔の混合率・印象評価・被験者の年齢を評価指標とした。被験者の年齢は実験時に取得した被験者の年齢を数値として用いた。顔画像の年齢は実験で提示した顔画像の年齢を数値として用いた。自己顔混合率は平均顔を 0, 完全な自己顔を 1 とし、実験で提示した自己顔の割合を混合率の数値とした。印象評価は信頼性と親しみやすさの質問で実施した 7 段階のリッカート尺度の値を用いた。

4.4 データ分析方法

信頼性と親しみやすさが最も高い自己顔の年齢と混合率を分析するため、自己顔の年齢、混合率及び印象評価値を各軸とする曲面を近似した。曲面近似にはベイズ推定を用い、得られた評価値が正規分布に従うと仮定し、近似式のパラメータを推定した。年齢軸・式の概形・値補正項の各条件を組み合わせたそれぞれに対しパラメータを推定し比較することで最も評価値を近似する最適な曲面を探索した。各条件の詳細を以下に示す。

条件 1: 年齢軸

年齢の解釈は様々であると考え、近似する際に入力する年齢の操作方法として 3 通りの条件を設定した。1 つ目は自己顔の年齢に対し実験条件中の最小の年齢である 25 を最小値、実験条件中の最大の年齢である 70 を最大値とし、min-max 正則化する方法である (以下、生年齢)。2 つ目は、人間の一生を想定し、最小値を 0, 最大値を 100 として自己顔の年齢を min-max 正則化する方法である (以下、人生年齢)。3 つ目は自己顔の年齢から被験者の年齢を引いた相対年齢を計算し、それらに対して min-max 正則化をする方法である (以下、相対年齢)。

条件 2: 式の概形

近似する際に用いる式として、2 つの式を用いた、1 つ目は年齢と自己顔混合率の相互作用を考慮した 2 変数 n 次元多項式 (以下、相互作用式) である。2 つ目は各年齢及び各自己顔混合率に対し n 次元関数で近似し、その値を足し合わせる式 (以下、足し合わせ式) である。式の次元数 n は [3, 5] とし、式の係数をベイズ推定した。 x を年齢、 y を自己顔混合率、 z を評価値とすると、

表 1: 最良曲面近似条件及びその条件時の RMSE

性別	印象評価項目	条件 (年齢軸・式の概形・値補正項)	RMSE
男	信頼性	生年齢・足し合わせ式 ($n = 5$)・値補正項有	0.04
	親しみやすさ	生年齢・足し合わせ式 ($n = 5$)・値補正項有	0.04
女	信頼性	生年齢・足し合わせ式 ($n = 5$)・値補正項有	0.04
	親しみやすさ	生年齢・足し合わせ式 ($n = 4$)・値補正項有	0.06

各式は以下の通りとなる。 x, y は $[0, 1]$ であり、これらが式中で累乗されるにつれ値が小さくなるため、その係数をベイズ推定すると、取りうる係数の値の幅が大きく推定が難しくなると考え、代わりに $x + 1, y + 1$ を式中で用い計算した。

$$z = \sum_{i=1}^n (a_i(x+1)^i + b_i(y+1)^i) + \sum_{i=2}^n \sum_{j=1}^{i-1} (c_{i-j}(x+1)^j (y+1)^{i-j}) + S \dots (\text{相互作用式})$$

$$z = \sum_{i=1}^n (a_{y-i}(x+1)^i + b_{x-i}(y+1)^i) + S \dots (\text{足し合わせ式})$$

条件 3 : 値補正項

近似する曲面の精度を高めることを目的として、ガウシアンカーネルを参考とした補正項の有無を条件とした。年齢を x と自己顔混合率を y とした組み合わせ $(x_i, y_i) (1 \leq i \leq n)$ がある場合、 (x_j, y_j) における補正項は以下の通りとなる。式中の k, σ をベイズ推定した。

$$\sum_{i=1}^n k_i \times \exp\left(-\frac{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2}{2\sigma^2}\right)$$

相対年齢と値補正項有が存在する条件は計算量が膨大となり計算不可能だったため、これらを除いた条件で比較した。

曲面の評価は各条件で作成した曲面から計算される予測値と正解値の 2 乗平均平方根誤差 (RMSE) を用い、RMSE が最も小さい曲面を最適なものとした。実験条件中の年齢 x と混合率 y の組み合わせ $(x_i, y_i) (1 \leq i \leq n)$ における各 (x_i, y_i) での評価値の平均を正解値とし (x_i, y_i) での曲面の値を予測値として RMSE を計算した。

4.5 実験結果

4.5.1 曲面近似における最良条件及びその評価

被験者の性別及び評価値のそれぞれで曲面近似を行い、得られた最適な曲面の条件及び RMSE を表 1, そ

表 2: 親しみやすさと信頼性が最も高い自己顔年齢及び混合率

性別	印象評価項目	年齢	混合率	評価値
男	信頼性	25.00	0.00	4.88
	親しみやすさ	25.00	0.10	4.82
女	信頼性	25.00	0.20	5.26
	親しみやすさ	25.00	0.00	4.78

のときの曲面を図 2 に示す。女性の親しみやすさ以外は生年齢・足し合わせ式 ($n = 5$)・値補正項有の条件で最良の曲面が得られた。女性の親しみやすさは生年齢・足し合わせ式 ($n = 4$)・値補正項有の条件で最良の曲面が得られた。その全曲面において、RMSE は最大でたかだか 0.06 となり、それぞれの曲面が得られた評価値及びその傾向を良く近似できていると考えられる。

4.5.2 信頼性と親しみやすさが最大となる自己顔の年齢及び混合率探索

得られた曲面から、最も信頼性と親しみやすさが高い自己顔の年齢及び混合率を探索した。年齢と混合率 (年齢は変換後の値であり、年齢と混合率はそれぞれ $[0, 1]$ である) について各格子点の間隔が 0.005 となる格子点を作成し、そのそれぞれに関して最適近似曲面の予測値を計算した。その中で、最大の予測値が得られた自己顔の年齢と混合率を表 2 に示す。

高齢層は男性の信頼性と女性の親しみやすさが最も高い自己顔の年齢と混合率が 25 歳及び 0 となり、信頼性及び親しみやすさが最も高いときは自己顔を混合しない場合であった。高齢層の男性の親しみやすさと女性の信頼性は両方 25 歳、混合率がそれぞれ 0.1, 0.2 と若年の自己顔を混合することで最大となった。

これらの結果より高齢層の女性は年齢変化させた自己顔の混合により信頼性を向上できることが確認され、信頼性と関連を持つ意欲の向上効果に対しても見通しを得た。

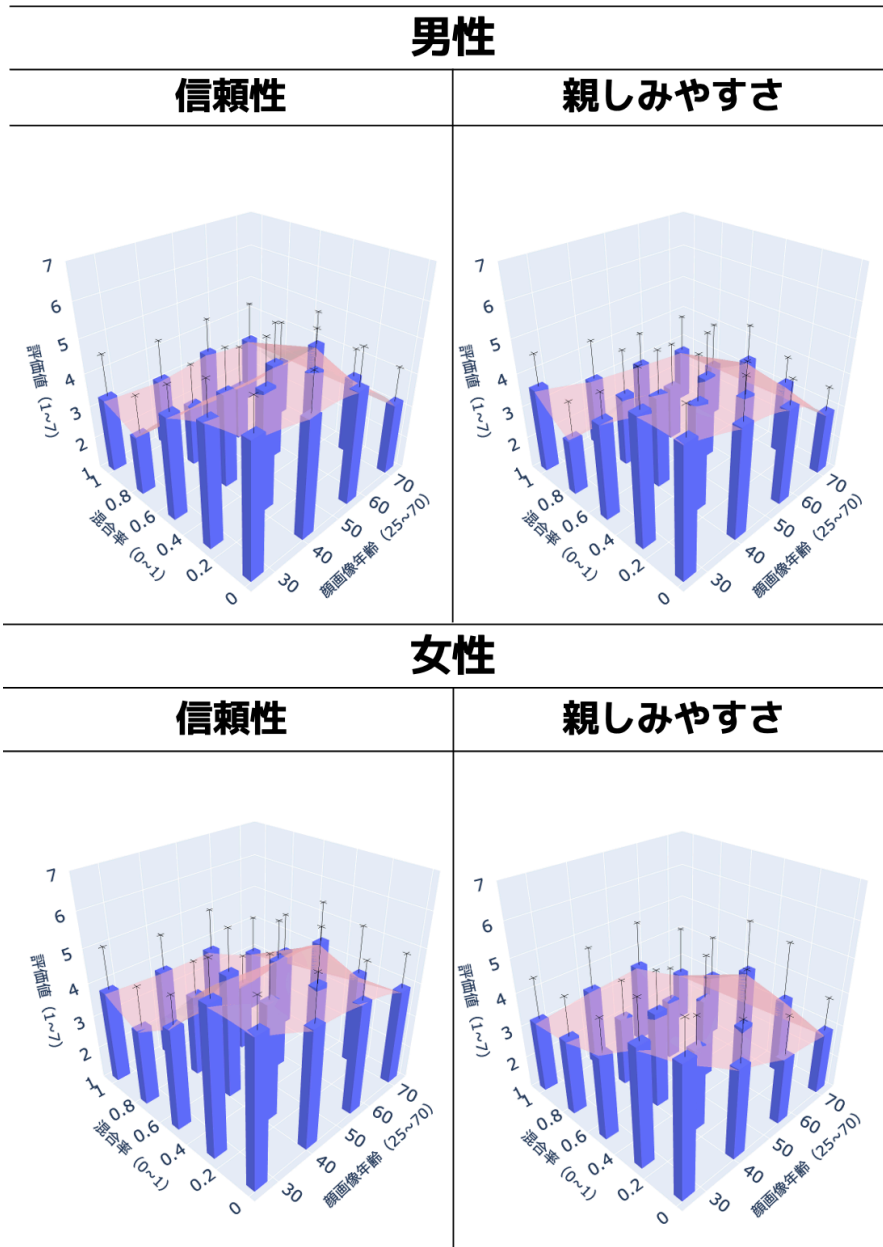


図 2: 各性別・印象項目における最良近似曲面（赤色の曲面が近似曲面，青色の棒が平均値，黒色の線が標準偏差を示す）

5 考察

本実験では 25 歳に若年化した自己顔を混合することで、男性は親しみやすさ、女性は信頼性が上昇した。これらの項目に関してはしわ等が消えることで好印象を与えることができたと考えられる。

しかし、男性の信頼性と女性の親しみやすさは若年化した自己顔を混合しても上昇しなかった。これらの項目に関しては周辺の環境から培った昔の自分に持っている強いネガティブなイメージが想起され、それが印象向上を妨げたことが考えられる。槇らは女性は家

族、男性は仕事と自分主体に関する自伝的記憶が多かったことを報告している [12]。そのため、例えば男性だと 25 歳の自分を混合した顔から「仕事ができずに能力的に未熟だった 25 歳頃の自分」が想起され、女性であれば家族関係のネガティブな記憶が想起される等、男女において思い出す記憶の違いからネガティブイメージの違いが生まれ、印象に与える影響の性差が確認されたことが考えられる。

6 まとめ

本研究では、自己顔の年齢と混合率を変化した顔の印象評価実験を実施し、最も信頼性が高い年齢と混合率を探索した。実験で得られた信頼性の値を基としてベイズ推定で近似した曲面から最も信頼性が高い自己顔の年齢と混合率を探索した。

結果、高齢層の男性は25歳及び0、女性は25歳及び0.20で最も高い信頼性が得られた。また、自己顔混合による影響が先行研究で報告されている親しみやすさに関する同様の調査を実施し、最大となる年齢及び混合率を調査した。

以上より、年齢を変化した自己顔混合により、信頼性が向上できることが明らかになった。そのため、信頼性と関係がある意欲も向上できると考えられ、意欲向上効果を持つエージェント実現への見通しを得た。今後は本エージェントを現場で使用し、意欲向上効果・運動機能改善効果を計測することが必要だと考えられる。

謝辞

ATR顔表情データベースは、株式会社ATR-Promotionsの使用許諾を得て使用しました。AIST顔表情データベースは、国立研究開発法人産業技術総合研究所の使用許諾を得て使用しました。また、実験にご協力いただいた被験者の方々に感謝いたします。

参考文献

- [1] 令和4年版高齢社会白書（全体版）（PDF版） - 内閣府. https://www8.cao.go.jp/kourei/whitepaper/w-2022/zenbun/04pdf/_index.html（参照2022-12-17）。
- [2] 岩田 伸治, 吉田 直人, 米澤 朋子, 間瀬 健二, 榎堀 優. 自己顔混合エージェントの笑顔と専門性がやる気に及ぼす影響の検討. 研究報告ヒューマンコンピュータインタラクション (HCI), Vol. 2022, No. 29, pp. 1-7, 2022.
- [3] Lisa M DeBruine. Facial resemblance enhances trust. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, Vol. 269, No. 1498, pp. 1307-1312, July 2002.
- [4] Dylan G. Kwart, Tom Foulsham, and Alan Kingstone. Age and beauty are in the eye of the beholder. *Perception*, Vol. 41, No. 8, pp. 925-938, 2012.
- [5] Natalie C. Ebner. Age of face matters: Age-group differences in ratings of young and old faces. *Behavior Research Methods*, Vol. 40, No. 1, pp. 130-136, February 2008.
- [6] W. Koyano, K. Inoue, and H. Shibata. Negative misconceptions about aging in Japanese adults. *Journal of Cross-Cultural Gerontology*, Vol. 2, No. 2, pp. 131-137, April 1987.
- [7] David Weiss and Frieder R. Lang. "They" are old but "I" feel younger: Age-group dissociation as a self-protective strategy in old age. *Psychology and Aging*, Vol. 27, No. 1, pp. 153-163, March 2012.
- [8] ATR-Promotions, ATR 顔表情データベース DB99. <http://www.atr-p.com/products/face-db.html>(参照2023-01-29).
- [9] Tomomi Fujimura and Hiroyuki Umemura. Development and validation of a facial expression database based on the dimensional and categorical model of emotions. *Cognition and Emotion*, Vol. 32, No. 8, pp. 1663-1670, November 2018.
- [10] Yuval Alaluf, Or Patashnik, and Daniel Cohen-Or. Only a matter of style: Age transformation using a style-based regression model. *ACM Trans. Graph.*, Vol. 40, No. 4, 2021.
- [11] Helen Keyes, Nuala Brady, Richard B. Reilly, and John J. Foxe. My face or yours? Event-related potential correlates of self-face processing. *Brain and Cognition*, Vol. 72, No. 2, pp. 244-254, March 2010.
- [12] 榎 洋一. 自伝的記憶の想起内容における世代差. 北海道心理学研究, Vol. 40, pp. 45-45, 2018.