

顔特徴が人の年齢認知に及ぼす影響の解析*

滝本裕則**、桑野翼***、深井寛修****、満倉靖恵****、福見稔*****

An Analysis of the Influence of Facial Feature on Age Perception

Hironori TAKIMOTO, Tsubasa KUWANO, Hironobu FUKAI,
Yasue MITSUKURA and Minoru FUKUMI

1. はじめに

近年、顔画像を用いた性別や年齢を推定する技術の研究が盛んに行なわれている[1]-[3]。とくに年齢推定の技術は、ヒューマンインタフェースのユニバーサルデザイン化やサービス業における購買層解析などの分野への応用が期待されている。これまでに、顔の形状や肌領域におけるテクスチャ特徴を用いた年齢推定手法がいくつか報告されているが[2],[3]、これらは大半が実年齢を対象とした研究であり、外観年齢推定（つまり、人が自然に行なっている年齢推定）についての報告はほとんどない。顔画像に対して外観年齢などの個人属性特徴を自由に操作することが可能となれば、美容整形やアミューズメントなどへの幅広い応用が期待できる。

年齢とは、顔が相手に伝える様々な情報の中でも個人属性をあらわす重要な情報の一つであるが、年齢特徴操作を行なう画像処理技術については、加齢特徴の選択やパラメータの設定などに人の主観を必要とするものが多い。これらの例として、多変量解析手法である PCA を用いた年齢特徴抽出手法が提案されている[4],[5]。PCA は複数の主成分を求めることが可能であるが、必ずしも年齢に関する特徴を特定の主成分として抽出できるとは限らない。したがって、主成分ごとにデータを復元し、最も経年変化を表現している主成分を主観で決定しなければならない。一方、肌のきめの印象が年代で異なることは経験的にも明らかであるため、年齢ごとの肌のきめの状態を分析し、定量的に扱う手法が報告されて

いる[6]。肌のきめを操作することにより、ある程度の年齢印象を変化させることが可能であった。しかし、これらの研究は年齢認知に関わる要因の一部であり、直接年齢認知に大きく寄与するものではなく、補正程度に有効であることが示されている。

年齢認知に関して、加齢に伴う顔の変化は幼児期から青年期において顔の骨格形状変化が、そして青年期から老年期においては顔のしわなどのテクスチャ変化が重要であると報告されている[5],[7]。しかし、頭部領域における経年変化としては肌の状態変化だけではなく、顔面筋や皮膚のたるみに加え、頭髪状態の変化や化粧趣向の変化など多くの要因が挙げられ、これらの年齢認知への影響を無視できないと考えられる。このように、人が顔の特性から行なう年齢推定やその処理過程もいまだに明確ではない[8]。

そこで本研究では、人が年齢推定を行なう際に潜在的に用いている顔特徴を決定し、人の年齢認知に及ぼす外観年齢特徴の影響について解析を行なう。提案する手法の概要は図 1 に示すとおりであり、まず、顔画像データベースに対して、複数の評定者による年齢推定実験を行ない、実年齢ではなく外観年齢（見かけの年齢）が付与されたデータベースを再構築する。次に、評定者からの事前調査結果や先行研究の報告などを参考とし、経年変化を表すと考えられる顔特徴を複数定義する。我々はこれら顔特徴と外観年齢との関係モデルが線形モデルであると仮定し、遺伝的アルゴリズムによって外観年齢に寄与するであろう年齢特徴の組合せを取得し、さらに最小二乗法によって線形モデルのパラメータを決定することにより、各顔特徴の外観年齢に対する貢献度を求めることが可能であると考えられる。本研究では、性別や年代層別の画像データ群に提案手法を用いて詳細な顔特徴の外観年齢への影響について考察

* 原稿受付 平成 20 年 9 月 28 日

** 佐世保工業高等専門学校 電子制御工学科

*** (株)日立製作所 オートモティブシステムグループ

**** 東京農工大学生物システム応用科学府

***** 徳島大学大学院ソシオテクノサイエンス研究部

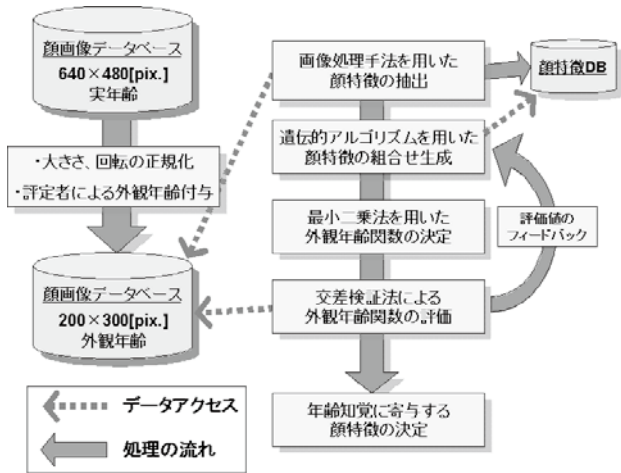


図 1. 提案手法の概要

を行なう。

2. 主観評価による外観年齢データベース作成

2.1. 顔画像データベースと正規化

本研究で使用する顔画像データベースは、顔画像処理研究の基盤として岐阜県地域結集型共同研究事業 (HOIP) において構築されたものである [9]。

次に、顔画像の正規化に関して、我々は図 2(a) に示すように両目を基準として行なった。両目の中心座標 $P1$ と $P2$ を求め、 $P1$ と $P2$ が水平になるように原画像を回転し、さらに $P1$ と $P2$ の線分の長さが 66pixels になるように拡大・縮小処理を行なう。そして、 $P1$ と $P2$ の線分の中点が 200×300 pixels の中心に位置するよう画像を切り出す。これら正規化処理により、図 2(b) に示すように、衣服の領域を取り除いた正規化画像が得られる。

2.2. 評定者による年齢推定実験

外観年齢データベース構築のための評定者として、10代から60代までの60名(男性39名、女性21名)に協力頂いた。顔画像の刺激提示は我々が作成したアプリケーションによって制御され、図3に示すようなインターフェースによって年齢推定実験を行なってもらった。また、評定者の負担を考慮し、各評定者に対して性別と年齢の比率がほぼ同等となる100枚の顔画像をランダムで提示した。なお、顔に表れる年齢特徴が眼鏡によって隠れてしまう可能性があることから、眼鏡をかけた被験者データを除いた252名(男性113名、女性139名)を使用して

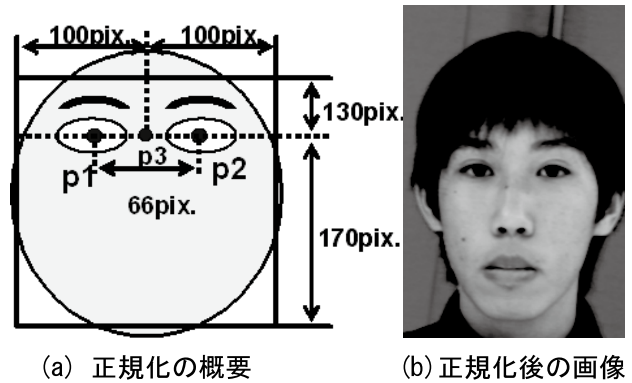


図 2. 顔画像の正規化



図 3. 評定者用の実験画面

いる。本研究では、60名による推定結果の平均値を各顔画像の外観年齢として定義した。

3. 顔領域からの年齢特徴抽出

本研究では、複数の被験者からの事前調査結果と従来研究報告を参考とし、表1に示すように頭部・顔領域において経年変化を表していると考えられる計46個の顔特徴を定義した。各特徴を抽出する領域は、図4に示すように ARSM [10] によって決定された顔特徴点を基準点として定義している。以下、各顔特徴の詳細について述べる。

3.1. しわ特徴

しわは加齢によって皮膚が折れ曲がることによりできた溝状の凹凸であり、人は凹凸によってできた陰影を見ることによってしわであると認知している。顔領域の肌上に現れるしわはその発生過程から、顔面の筋肉のたるみによって生じるしわの発生領域として、額、目尻、法齡線(豊令線)、口唇領域の

表 1. 提案する顔特徴

しわ	色相	シミ	形状・その他
額	髪	目尻	目尻の位置
法齢線	頬	頬	口端の位置
目尻	唇	あご	頭髪の量
口の端	あご	鼻	目の形状

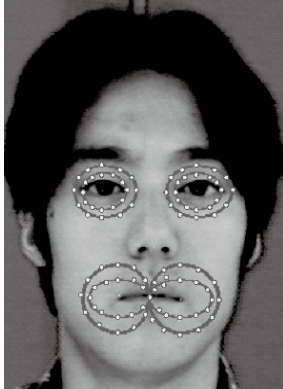


図 4. 特徴点の例

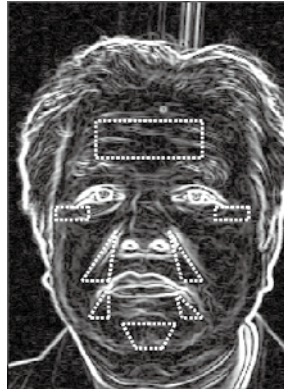


図 5. しわ抽出領域

両端、あご先と下唇の間の各領域が挙げられる。顔画像に対し Sobel フィルタを用いてエッジ強度を抽出し、顔領域に配置された特徴点を基準としてしわ特徴を抽出する領域を定義する。定義された各領域内におけるエッジ強度の平均と標準偏差を肌上のしわ特徴として定義した。図 5 にしわ特徴を抽出する領域の例を示す。

3.2. 色相特徴

顔や頭部領域における色相に関する特徴として、肌のくすみや白髪の増加などが考えられる。また、女性の化粧の趣向が年代によって異なることは明らかであり、人は外観年齢を推定するために、頬や口唇領域における色の状態を参考としているのではないかと考えられる。

そこで我々は、肌が多く露出している頬やあご、口唇や頭髪領域における色特徴を外観年齢特徴の候補として提案する。具体的に、HLS 表色系の三刺激値である色相 H、輝度 L、彩度 S それぞれの平均値と標準偏差を色相特徴として定義する。

3.3. シミ特徴

シミは顔画像内でやや不鮮明な輪郭線を持つ点



図 6. シミ特徴の抽出例



図 7. シミ抽出領域

である。このシミの抽出法は、原画像に対して平均値フィルタを用いてぼかし画像を作成し、図 6 に示すようなぼかし画像と原画像との差を求めた画像を作成する。得られた差分画像より、図 7 に示す各領域内における差分値の平均値、標準偏差を求めシミの特徴量と定義する。

3.4 形状・その他

青年期以降においては、皮膚や筋肉のたるみといった特徴が年齢推定に有効であると考えられる。そこで、顔面筋の衰え（たるみ）による顔器官の位置や形状の変化を形状特徴として定義する。具体的に、左右の目尻、口唇の両端の計 4 箇所を対象とし、画像中 Y 軸座標値の左右の平均値を位置特徴と定義した。また、目の輪郭形状のひずみ度合いとして、目輪郭の円形度を特徴として定義する。さらに、顔領域に対する頭髪領域の面積比を頭髪特徴として定義する。

4. GA を用いた外観年齢関数の導出

本研究では、人の年齢認知に寄与すると考えられる顔特徴と、それら特徴の外観年齢に対する貢献度を求めることで、顔特徴が年齢認知に及ぼす影響の解析を行なう。我々はこれら顔特徴と外観年齢との関係モデルが線形モデルであると仮定し、遺伝的アルゴリズムによって外観年齢に寄与するであろう年齢特徴の組合せを決定し、最小二乗法によって線形モデルのパラメータを取得する。以下、本提案手法について詳しく述べる。

表 2. 相関係数の高かった顔特徴の組合せ

男性	法齡線平均	法齡線標準偏差
	しわ(口の端)平均	しわ(口の端)標準偏差
	シミ(目の下)標準偏差	シミ(頬)標準偏差
女性	しわ(あご)平均	しわ(あご)標準偏差
	輝度(頬)平均	彩度(頬)平均

$$y = F(x) = \sum_{i=1}^m w_i x_i \quad (1)$$

して、遺伝的アルゴリズムを用いることによって m 個の特徴を選択する。外観年齢を y と置くと、式 (1) のように多次元に拡張した最小二乗法により、顔特徴の線形結合の形で外観年齢を表現可能な外観年齢関数が求められる。ここで、 p 名の被験者画像データを 1 対 $p-1$ に分割し、 $p-1$ 個の画像データによって求められた外観年齢関数に対して残りのデータ 1 個で評価を行なう。この処理を Leave-one-out 交差検証法に基づき p 回行なうことによって外観年齢関数の有効度を求め、式 (2) のように GA の適応度関数として用いる。なお、 a_k は画像データベース中 k 番目の被験者の外観年齢であり、 y_k は式 (1) によって求められた推定外観年齢である。

$$Fitness = \sum_{k=1}^p |y_k - a_k| \quad (2)$$

式 (2) で与えられた適応度関数を用いることにより、人の年齢認知に寄与すると考えられる顔特徴と、それら特徴の外観年齢に対する貢献度を求めることが可能であると考えられる。なお、多重共線性を生じさせないため、任意の 2 組の顔特徴 $x_i, x_j (\forall i, \forall j \in n)$ に対して相関係数 r_{ij} を予め求めておき、 r_{ij} が 0.8 以上となった場合は顔特徴 x_i と x_j を同じカテゴリの特徴として定義し、片方の特徴を遺伝的アルゴリズムの選択対象から除外する。表 2 に相関係数が 0.8 以上になった顔特徴の組合せを示す。本研究では表中における左側の顔特徴をカテゴリの代表顔特徴として使用した。

5. 実験結果

5.1 全年代に対する実験

全年代の被験者画像データに対して提案手法を用いて外観年齢に寄与する顔特徴の選択を行なった。

提案手法によって求められた特徴の詳細を表 3 に示す。男性は全特徴 43 個中 15 個、女性は全特徴 44 個中 18 個が選ばれた。結果より、外観年齢と相関が比較的高い顔特徴として、男性では髪領域の輝度や頬における色相特徴が、女性では法齡線や口もとのしわなど比較的大きなしわ特徴に加え、口唇領域の色相・彩度特徴などが挙げられる。男性は化粧をしないため肌における色相の加齢変化が顕著に表れる。一方、女性は化粧により肌の色の加齢変化を隠しているために頬などの色特徴は選ばれておらず、化粧では操作することが困難な大きなしわ特徴や年代によって趣向が違う口紅の色特徴が年齢認知に用いられていると考えられる。

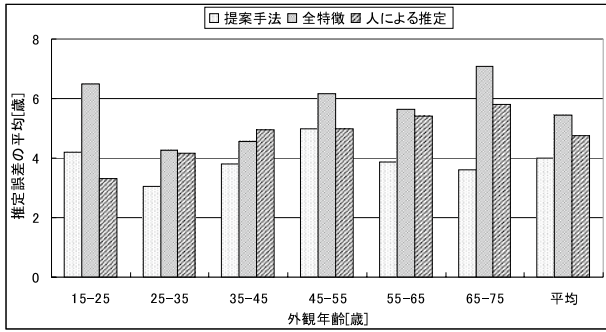
提案手法によって選ばれた顔特徴の有効性を検証するため、最小二乗法によって求められた外観年齢関数を用いて外観年齢の推定実験を行なった。定義した顔特徴を全て用いて年齢推定した場合、提案手法によって選別された特徴 (男性 15 個、女性 18 個) のみを用いて年齢推定した場合それぞれの結果を図 8 に示す。なお、図 8 では横軸として外観年齢の年代別に、各推定誤差の平均を示している。さらに、2.2 節で行なった評定者による推定のばらつきを精度の比較対象として示す。これは任意の被験者画像について、評定者による推定年齢と外観年齢との差の絶対値を推定誤差とし、その平均を被験者画像に対する推定のばらつき (推定精度) として定義している。

結果より、男女とも全年代において定義された全顔特徴を用いて推定した場合よりも、提案手法によって選ばれた顔特徴を用いた場合で良い結果が得られた。これより、選ばれた顔特徴がより人の年齢認

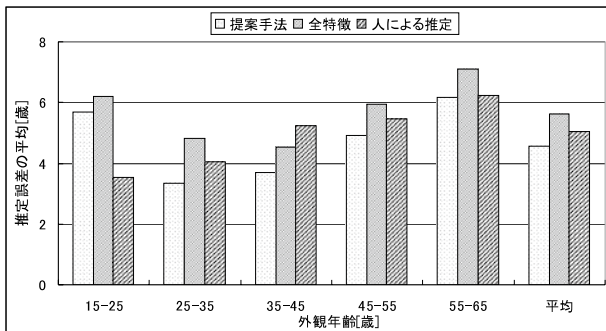
表 3. 全年代での特徴選別結果

(特徴数)	男性		女性	
	特徴数	選別後	全特徴	選別後
しわ	8	2	9	5
色相	24	10	23	9
シミ	7	2	8	3
形状 その他	4	1	4	1
計	43	15	44	18

顔特徴が人の年齢認知に及ぼす影響の解析



(a) 男性被験者の推定誤差



(b) 女性被験者の推定誤差

図8. 全年代に対する外観年齢推定の結果

知に寄与するものであることが確認できる。しかし、男女とも若年層（15歳-25歳）において、提案手法よりも評定者の推定精度が高くなっている。これは、若年層（25歳未満）と青年層以降（25歳以上）において、年齢認知に用いられる顔特徴、もしくはその貢献度が異なっている可能性があることを示している。本研究で用いた顔画像データベースでは、若年層に比べて青年層以降の被験者数が多いため、青年層以降に有効な顔特徴が選ばれたと考えられる。よって、各年齢層に対して詳細に考察を行なう必要がある。

5.2. 各年齢層に対する実験結果

我々は、画像データベースにおける被験者データを若年層（15歳-25歳）、青年層（20歳-40歳）、中年層（35歳-60歳）、老年層（55歳-75歳）に分類し、それぞれのカテゴリに対して提案手法を用いて最適な外観年齢関数を求めた。提案手法により選択された顔特徴の詳細を表4に示す。

結果より、男女共に若年から老年へと歳をとるに伴い、選択された特徴数が増加傾向にあることがわかる。これは、人が歳を重ねるにつれて、顔に表出

表4. 年代別での特徴選別結果

	男性				女性			
	若	青	中	老	若	青	中	老
しわ	1	5	1	5	1	2	6	4
色相	5	10	6	17	5	12	4	10
シミ	2	3	3	4	1	2	3	7
形状 その他	3	3	2	1	2	0	1	2
計	11	21	12	27	9	16	14	23

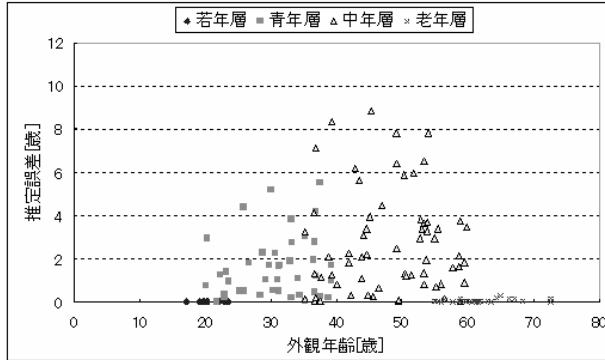
する経年変化特徴（老化現象）が増えていくことに起因していると考えられる。若年層では、一般的にあまり表出しないと思われるしわやシミは選ばれず、肌の色などによって外観年齢が決まることがわかる。青年層では、しわやシミが増えてくる年齢であることを象徴するように、若年層で選ばれた顔特徴に加えて、しわやシミ特徴が選ばれている。また、女性の結果に着目すると、若年から青年期にかけて色特徴が外観年齢に大きな影響を及ぼしていることが確認できる。これは女性が青年期をむかえると化粧の趣向に多様性が出てくるためと考えられる。中年層では、化粧の仕様よりも肌に現れてくるしわやシミが外観年齢に大きな影響を及ぼしている。

提案手法によって選ばれた顔特徴の各年齢層における有効性を検証するため、全年代での実験と同様に外観年齢関数を用いた外観年齢の推定実験を行なった。提案手法によって選ばれた特徴を用いて年齢推定を行なった場合の年齢層別での誤差平均を表5に、全被験者の推定誤差の分布を図9に示す。若年層においては顔領域に顕著な経年変化がほとんど表れず、外観年齢関数が単純であったため精度が高くなったと考えられる。老年層においては、化粧などの多様性（個人差）よりも、大きなしわ（法齢線）やしみ、白髪など顔や頭部領域において顕著に表出している経年変化に評定者は注目するため、誤差が少なかったと考えられる。

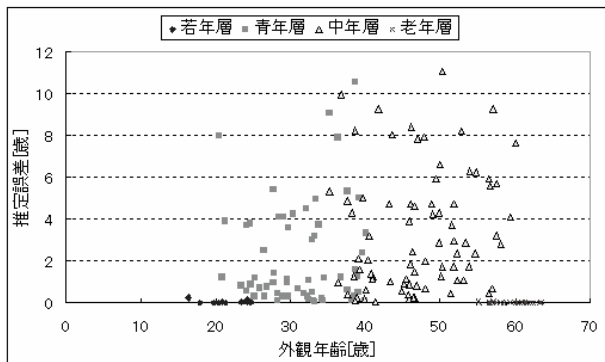
一方、青年・中年層においては、男性では1.5~2.7歳、女性では2.2~3.2歳の推定誤差があった。さらに図9より、10歳を超える推定誤差がある被験者も存在した。青年・中年層において誤差の大きい被験者が存在する理由として、老化現象の表出過程

表 5. 年代別での推定誤差の平均

(歳)	若年層	青年層	中年層	老年層
男性	0.1	1.5	2.7	0.1
女性	0.1	2.2	3.2	0.1



(a) 男性被験者の推定誤差



(b) 女性被験者の推定誤差

図 9. 推定誤差の分布(年代別での結果)

における個人差が考えられる。具体的に、経年変化の過程は生活環境や体質などの個人特性に影響されると考えられ、経年変化の発生初期（青年期）や過渡期（中年期）では、額のしわの表出量が多い被験者や法齡線・シミの表出量が多い人など様々な被験者が存在する。さらに、それら顔特徴表出の過程について、本顔画像データベースには多数派と少数派が存在したのではないかと考えられる。したがって、提案手法によって求められた年齢層別の外観年齢関数は多数派寄りの関数になっており、結果として多数派に分類される被験者に対する推定は比較的高い精度で行なえたが、少数派に分類される被験者に対する推定が困難であったと考えられる。また、外観年齢関数を用いた推定誤差が大かった被験者は、



図 10. 推定が困難であった被験者の例

評定者が行なった年齢推定においても推定誤差（推定のばらつき）が大きいたことが確認できた。例として、図 10 に最も推定誤差が大きかった被験者を示す。この被験者の場合、評定者による推定誤差は 5.6 歳であり、全体の推定誤差 4.7 歳よりもかなり大きくなっている。これは、顔に表れる経年変化の過程が個性的であること、また、評価者においても年齢認知における各顔特徴の重みに個人差（ばらつき）が少なからずあることが原因ではないかと考えられる。結果として、経年変化の過程が顔画像データベース内においては個性的（少数派）であったため、推定誤差が大きくなったと考えられる。

6. おわりに

本研究では、人が日頃自然に行なっている年齢推定に着目し、遺伝的アルゴリズムと最小二乗法を組み合わせた手法により、人の年齢認知に寄与する顔特徴とその貢献度の解析を行なった。結果として、定義した複数の顔特徴と外観年齢との関係に線形モデルを提案し、求められた外観年齢関数を用いた年齢推定実験においてその有効性を確認した。また、人が相手の年齢を推定する際、注目する顔特徴の傾向が相手の年齢層によって変化することを確認できた。

そこで、4 つの年齢層に対して提案手法を用いて年齢認知に重要であると思われる顔特徴を求めた。また、経年変化の表出過程において個人差が存在すると思われる青年層・中年層においては、本研究にて提案した単純な線形モデルに基づく外観年齢関数では、より詳細な解析・高い精度での外観年齢の推定は困難であることが確認できた。

今後の課題として、自己の主観年齢の推定特性が、

顔特徴が人の年齢認知に及ぼす影響の解析

人の年齢推定のメカニズムを解明する上で重要であると報告されており、非常に興味深い[11]。したがって、評定者の年齢（もしくは年齢層）を考慮し、提案手法を用いた詳細な分析を行なう必要があると考えられる。一方で、提案手法によって選別された顔特徴が年齢認知に対して重要であることを視覚的に検証するため、顔画像に対して顔特徴を違和感なく加工・操作できるシステムの開発を行なう予定である。

※ 本研究に使用した顔画像データは、財団法人ソフトピアジャパンから使用許諾を受けたものである。権利者に無断で複製、利用、配布等を行なうことは禁じられている。

参考文献

- [1] 安本護、林純一郎、輿水大和、丹波義典、山本和彦、“平均顔との差に基づく性別・年齢推定手法”、日本顔学会論文誌、Vol. 2, No. 1, pp3-12, (2002. 9).
- [2] Tsuneo Kanno, Masakazu Akiba, Yasuaki Teramachi, Hiroshi Nagahashi, and Takeshi Agui, "Classification of age Group Based on Facial Images of Young Males by Using Neural Networks", IEICE TRANS. INF. & SYST, Vol. E84-D, No. 8 (2001. 8).
- [3] 林純一郎、輿水大和、秦清治、“顔のテクスチャを用いた年齢・性別推定”、第9回画像センシングシンポジウム SSII2003 講演論文集、2003
- [4] Changseok Choi、“Age Change For Predicting Future Faces”、IEEE International fuzzy systems conference proceedings, Vol. III, pp. 1603-1608 (1999. 8).
- [5] 向田茂、安藤広志、木下敬介、蒲池みゆき、千原国宏、“顔写真の年齢印象に関わる肌のきめの操作”、日本顔学会論文誌、 Vol. 2, No. 1, pp. 15-23 (2002. 9).
- [6] 向田茂、“顔写真の年齢印象に関わる肌のきめの操作”、日本顔学会論文誌、 Vol. 6, No. 1, pp. 25-32 (2006. 9).
- [7] L.S. Mark, J.B. Pittenger, H., Hines, C. Carello, R.E. Shaw, and J.T. Todd, “Wrinkling and head shape as coordinated sources of age-level classification”、Perception & Psychophysics, Vol. 27, No. 2, pp. 117-124 (1980).
- [8] 伊師華江、蒲池みゆき、瀧川えりな、細井 聖、“顔の年齢推定に関する心理学的検討—評定者年齢による推定特性の違いを中心に”、信学論、Vol. J89-A, No. 11, pp. 1004-1011 (2006. 11).
- [9] HOIP 顔画像データベース : <http://www.softopia.or.jp/rd/facedb/top.html>
- [10] 滝本裕則、満倉靖恵、福見稔、赤松則男、“姿勢変動に影響されない顔画像からの性別年齢推定”、電気学会論文誌C部門、 Vol.127, No. 7, pp.1022-1029 (2007. 7).
- [11] 宮本直幸、陣内由美、藤澤隆史、長田典子、井口征士、“顔画像を用いた自己の主観年齢の推定”、信学論 A、Vol.J90-A, No. 3, pp.240-247 (2007. 3).