

避難所における本人確認のための顔認証手法の精度向上

中進吾¹ 中村嘉隆² 稲村浩²

概要：近年，新潟中越地震，東日本大震災，熊本地震などの大地震が起きている．地震が起きた際，安否不明者を特定するため，住民の安否確認は重要である．しかし，従来の安否確認の方法では時間がかかってしまうため，安否不明者の検索が遅れてしまう．これによって，安否不明者の生存率が低下してしまう．本研究では，避難所での安否確認の方法に顔認証を用いることを提案する．避難所で撮影した顔画像と事前に登録した顔画像を比べて，安否不明者を特定し，早急に安否不明者の検索を行えるようにする．しかし，経年変化の影響で顔認証の精度が低下してしまう問題がある．そこで，経年変化の影響を受けない特徴量のみを用いることで，認証率を向上させる．

Improvement of face recognition method for identity verification in the shelter

SHINGO NAKA¹ YOSHITAKA NAKAMURA² HIROSHI INAMURA²

1. 序論

1.1 背景

近年，新潟中越地震，東日本大震災，熊本地震などの大地震が多発している．大地震が発生した際，自宅の倒壊などが起き，住民は自分の身を守るために避難を強いられる．住民の避難場所を確保するために，自治体の担当職員が学校の体育館や公民館に避難所を開設する[1]．そして，避難してきた住民の安否確認を行うことになっている[1]．安否確認とは，災害時等に特定の人物が生存しているかどうかを確認する作業を指し，この作業で得た生存者の情報を安否情報という[2]．この安否情報をもとに，安否不明者を特定するため，安否情報は重要な情報である．

災害発生から時間が経過すると，安否不明者の生存率が下がることが知られている．そのため，迅速に安否不明者を特定し，早急に検索を開始することが重要となる[3]．阪神淡路大震災の際においても，図1のように災害発生当日の1月17日に発見された安否不明者の生存率は約74.86%であったが，翌日の1月18日には生存率が約24.19%となり，時間の経過に伴って大きな低下が見られた[4]．

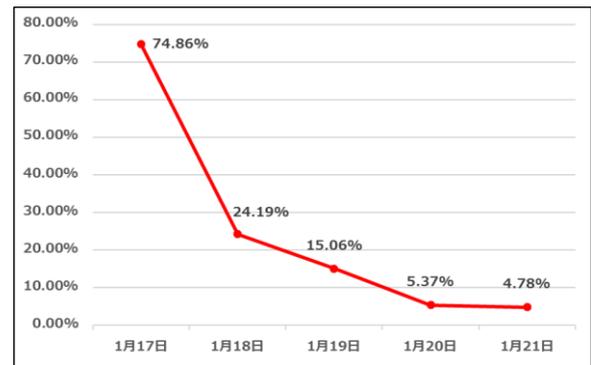


図1 阪神淡路大震災での生存率の推移

現在，一般的な安否不明者の特定方法では，まず，自治体職員が避難してきた住民に身分証を提示させ，本人確認を行い[5]，氏名・住所・年齢・性別などの情報を聞き出し，それらの情報を避難者名簿に記入する[6]．作成した避難者名簿と自治体の管理する住民名簿を照合することで，安否不明者の特定を行う．しかし，一般的な手法では，避難者名簿の作成および住民名簿との照合が手作業であるため，安否不明者の特定に時間がかかる．実際に2004年の新潟中越地震の際に，長岡市の青葉台地区では一般的な方法で行い，安否不明者を特定するまでに半日かかっており，その影響で，安否不明者の検索も遅れる結果となった[7]．早期に安否不明者を特定するためには，安否確認を迅速化させる必要がある．

1.2 従来の安否確認システム

これまでに安否確認を迅速化するための手法が提案されている．金澤ら[8]は，スマートフォンのGPS(Global

¹ 公立はこだて未来大学大学院 システム情報科学研究科
Graduate School of Systems Information Science, Future University Hakodate
² 公立はこだて未来大学 システム情報科学部
School of Systems Information Science, Future University Hakodate

Positioning System)などのセンサ情報をサーバーに送り、位置情報を共有することで、安否確認を行う手法を提案している。これにより、怪我を負ったり、避難中であつたりすることにより、安否確認が困難であつた人についても位置の把握が可能となった。

一方、田丸ら[9]は、住民全員に本人の氏名、住所の情報が格納されている IC カードを配布しておき、避難所に置かれている読み取り装置に IC カードをかざすことで安否確認を行う手法を提案している。また、避難所で取得した安否情報を共有するため、災害の影響を受けづらい衛星通信を用いている。これによって、一般的な方法と比べて、迅速に安否確認を行うことができ、孤立した地域の安否情報の取得も可能となった。

しかし、これらの安否確認システムは、住民が何らかの安否確認用機材を所持している必要があるという問題がある。災害など緊急時には、住民が貴重品などを所持していないような状況は多くあるため、災害時にスマートフォンや IC カードを持っていない住民が多くいる可能性がある。そこで、本研究は住民に安否確認専用の特別な機材を携帯していなくても、迅速に安否確認を行えるようにし、早急に安否不明者を特定することができる安否確認システムを提案する。

2. 提案する安否確認システム

2.1 本人確認について

安否確認を行う際、本人確認が必要になる。従来の安否確認システムは、IC カードなどを用いて行っていた。しかし、災害などの緊急時は、IC カードを携帯していない住民が存在する可能性がある。安否確認専用の特別な機材を携帯せずに安否確認を行う手法の代表的な例として、知識認証・生体認証の2つがある。

知識認証では、安否確認時に住民がパスワードを忘れていた場合、確認が著しく困難になる問題がある。一方、生体認証は指紋・顔・掌紋・手形・音声・虹彩・静脈などの生体情報を基に認証を行う。そのため、知識認証と違い、忘却等の問題は発生しない。しかし、住民の身体的特徴から認証を行うためには、住民の身体データを前もって収集しておく必要があり、住民から承諾を得る必要がある。これに対し現在、マイナンバーカード制度により顔画像を自治体に登録することになっている。そのため、自治体は住民の顔画像データを比較的利用しやすい状況にある。そこで、本研究は本人確認に顔認証を用いることとした。

2.2 安否確認システム概要

本研究で提案する顔認証を用いた安否確認システムについて以下の図2に記す。まず、避難所に避難してきた住民一人の顔の正面を撮影する。次に、撮影した顔画像と住

民名簿に登録されている住民の顔画像と照合する。仮に、本人として認識できた場合、避難者名簿に登録する。住民名簿と避難者名簿を照合し、安否不明者を特定する。

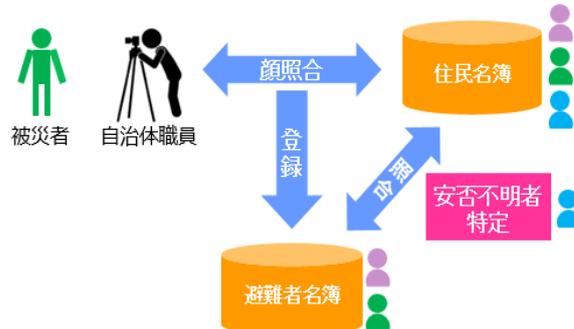


図2 顔認証を用いた安否確認システム

3. 関連研究

3.1 顔の特徴点を基にした認証方法

田所ら[10]は、顔を追跡しながら継続的に顔認証をする手法を提案している。撮影した顔を追跡するため、オープンソースの機械学習ライブラリ「Dlib」を用いて、顔の特徴点を基に追跡した。「Dlib」とは、機械学習アルゴリズムの画像処理ライブラリである[11]。図3のように輪郭、眉毛、目、鼻、口等の特徴点68個を抽出した。

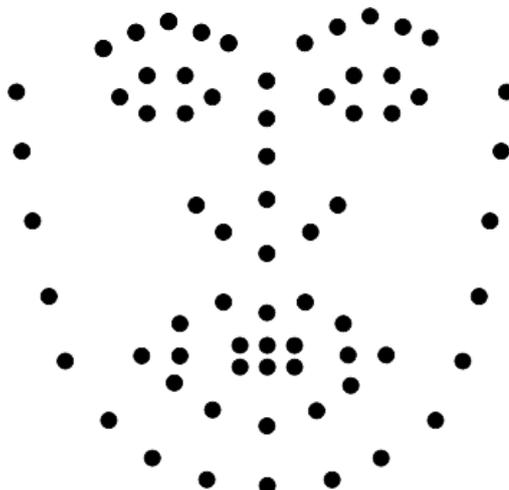


図3 抽出する顔の特徴点

次に、顔認証を行うために、抽出した特徴点それぞれの座標から図4の顔グラフのように、特徴点同士で線を結んだ。

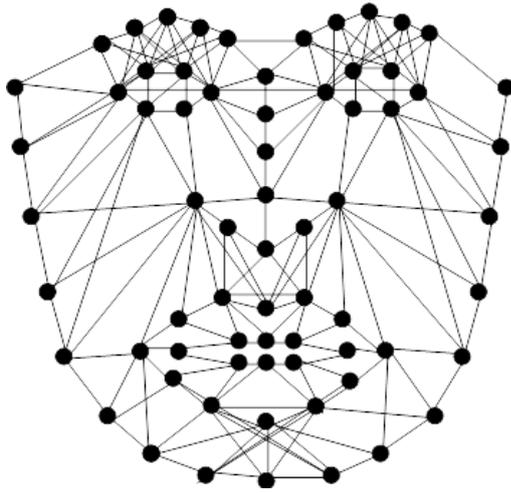


図4 顔グラフ

結んだこれら 195 本の線それぞれの距離を算出した. この距離を特徴量とし, 195 次元の特徴量ベクトル F を作成した. i 番目の特徴量を f_i と表すと, 特徴ベクトル F は次の (1) のように表される.

$$F = (f_1, f_2, \dots, f_i, \dots, f_{195}) \quad (1)$$

撮影した入力顔画像の 195 次元の特徴量を持つ F_a と登録した顔画像の 195 次元の特徴量を持つ F_b から (2) の式で, 2 つの画像データ間の相関係数 P を算出する. そして, P が最も高い登録顔画像データを本人として認証する.

$$P = \frac{\sum_{i=1}^{195} (f_{ai} - \bar{f}_a)(f_{bi} - \bar{f}_b)}{\sqrt{\left\{ \sum_{i=1}^{195} (f_{ai} - \bar{f}_a)^2 \right\} \left\{ \sum_{i=1}^{195} (f_{bi} - \bar{f}_b)^2 \right\}}} \quad (2)$$

f_{ai} : 入力顔画像の i 番目の特徴量

f_{bi} : 登録顔画像の i 番目の特徴量

\bar{f}_a : F_a の特徴量の平均

\bar{f}_b : F_b の特徴量の平均

田所らは, 顔の正面を撮影した入力画像 10 枚と入力画像の 1 週間前に撮影した登録画像 10 枚を用いて, 評価実験を行い, 95% の認証率を得られている.

3.2 関連研究の問題

マイナンバーカードに登録される顔画像は最長で 10 年保存されたため, 顔が経年変化している可能性がある. そのため, 田所ら [10] の手法では, 認証率が下がってしまう恐れがある. また, 認証率が下がってしまうと, 安否不明者の特定に時間がかかってしまう問題につながる.

4. 提案手法

本研究では顔の経年変化に対応するために, 経年変化の影響を受けやすい特徴量を 3.1 節の顔グラフを基に特定する. まず, 顔画像のデータセットを用いて, 特徴量の変化を解析する. 解析した結果を基に, 経年変化の影響を受けやすい特徴量を除外し, 経年変化の影響を受けにくい特徴量のみを用いることで, 認証率を向上させる.

4.1 使用するデータセット

顔の特徴量の経年変化を解析するために, CACD (Cross-Age Celebrity Dataset) という顔画像のデータセットの 200 人のデータを使用する [12]. CACD は, 2004 年から 2013 年までの 9 年間に撮影された著名人の顔画像が保存されたデータセットである. また, 年齢構成は, 16 歳から 62 歳となっている. 本研究では, 2004 年から 2013 年までに撮影された 1 年ごとの顔画像を用いて, 文献 [10] の特徴量を基に経年変化の解析を行う. なお, 顔画像は, すべて顔の正面を撮影したものを使用する.



図5 Cross-Age Celebrity Dataset (CACD) [12]

4.2 経年変化の解析方法

経年変化の影響を受けやすい特徴量を特定するため, 2004 年に撮影された顔画像をもとに特徴量それぞれの経年変化を解析する. まず, (3) 式のように, 1 年から 9 年前までの特徴量それぞれの差分 g_i を算出する. j は撮影された年を表し, k は 2004 年からの経過年数を表している.

$$g_{ik} = |f_{ij} - f_{i2004}| \quad (3)$$

次に, (4) 式のように g_i の 9 年間の平均 h_i を算出する.

$$h_i = \frac{\sum_{k=1}^9 g_{ik}}{9} \quad (4)$$

(5) 式のように算出した 200 人分の h_i の平均 r_i を算出する. r_i が大きいほど経年変化の影響を受けやすく, r_i が小さいほど経年変化の影響を受けにくい特徴量であるといえる. そのため, r_i を基に経年変化の影響を受けやすい特徴量を特定する.

$$r_i = \frac{\sum_{l=1}^{200} h_{il}}{200} \quad (5)$$

4.3 解析結果

特徴量の経年変化の解析で得られた r_i と次元数の結果を図 6 に表す. r_i の値の範囲は, $0 \leq r_i < 0.3$ であった. また, 経年変化の影響が小さいと考えられる $0 \leq r_i < 0.05$ の特徴量の次元数は, 文献[10]の約半分である. そのため, これらの特徴量を用いることで, 文献[10]と異なる結果を得ることができるかと予想される.

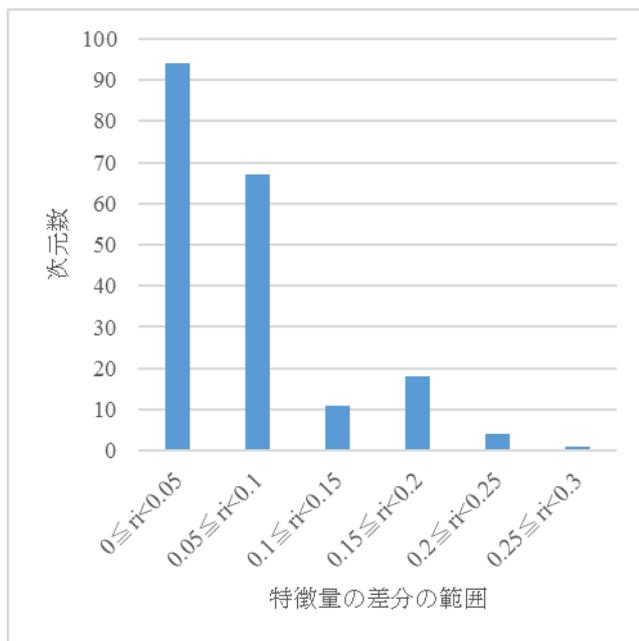


図 6 経年変化の解析結果

図 7 に, 経年変化の影響を受けにくい $0 \leq r_i < 0.05$ の特徴量から作成した顔グラフを記す. 図 7 の特徴量は, 同じ部位の特徴点同士を結んだものが多くある. このことから, 輪郭などの部位が経年変化の影響を受けたとしても, その部位の形状は, ほとんど変化していないといえる. しかし, 口の両端部分には, $0 \leq r_i < 0.05$ の範囲に含まれていない特徴量が存在する. これは, 経年変化の影響ではなく, 過去の顔画像と現在の顔画像で, 表情が異なっていたためと考えられる.

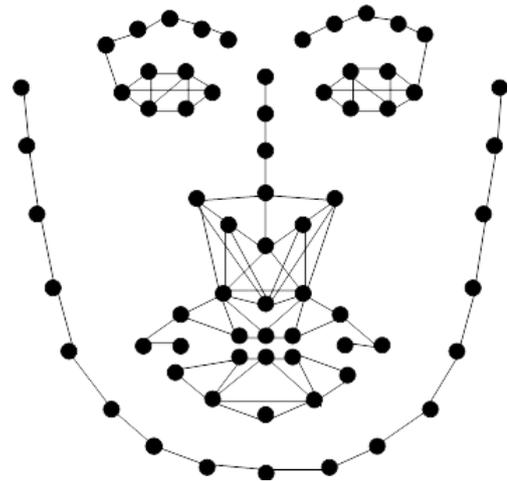


図 7 経年変化の影響を受けにくい特徴量

図 8 に, 経年変化の影響を受けやすい $0.2 \leq r_i < 0.3$ に含まれている特徴量の顔グラフを記す. 破線は, $0.2 \leq r_i < 0.25$ の特徴量, 実線は, $0.25 \leq r_i < 0.3$ に含まれている特徴量である. これらの特徴量は, 他の特徴量と比べて, 特徴点間の距離が大きい. そのため, 経年変化の影響を受けると, 他の特徴量と比べて変化が大きくなってしまふ. 特徴点間の距離が大きい特徴量は, 経年変化の影響を受けやすいと考えられる.

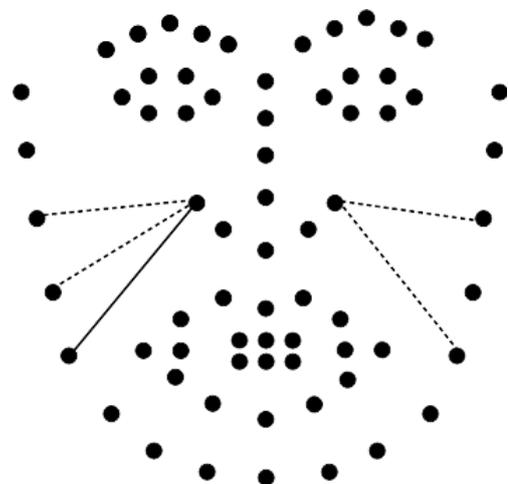


図 8 経年変化の影響を受けやすい特徴量

5. 評価実験

本章では, 現在の顔画像から過去に撮影された本人の顔画像を特定する評価実験を行う. 経年変化の影響を受けにくい特徴量のみを用いた顔認証を行い, 認証率が向上するか評価する.

5.1 実験方法

現在と過去(1ヶ月~5年前)に撮影された証明写真の顔画像を 13 人分用意し, 計 26 枚の顔画像を用いて実験を行っ

た. 現在の顔画像を入力画像データとし, 過去に撮影されたものを登録画像データとした. 年齢構成は, 20代11人, 30代1人, 50代1人である.

実験を行う方式は, 全ての特微量を用いる文献[10]の方式(ア)と4.3節の経年変化の解析結果を基にした方式(イ)~(カ), 計6つの方式で実験を行う. 以下の表1に, それぞれの認証方式の r_i の範囲と次元数を記す. また, 文献[10]と同様に相関係数 P が一番高い登録画像データを本人として認証するため, (6)式を用いる.

$$P = \frac{\sum_{i=1}^n (f_{ai} - \overline{f_a})(f_{bi} - \overline{f_b})}{\sqrt{\{\sum_{i=1}^n (f_{ai} - \overline{f_a})^2\} \{\sum_{i=1}^n (f_{bi} - \overline{f_b})^2\}}} \quad (6)$$

f_{ai} : 入力顔画像の*i*番目の特微量

f_{bi} : 登録顔画像の*i*番目の特微量

$\overline{f_a}$: F_a の特微量の平均

$\overline{f_b}$: F_b の特微量の平均

表1 認証方式

	r_i の範囲	次元数(n)
(ア)	$0 \leq r_i < 0.3$	195
(イ)	$0 \leq r_i < 0.25$	194
(ウ)	$0 \leq r_i < 0.2$	190
(エ)	$0 \leq r_i < 0.15$	172
(オ)	$0 \leq r_i < 0.1$	161
(カ)	$0 \leq r_i < 0.05$	94

5.2 実験結果

方式(ア)~(カ)の認証率の結果を図9に記す. まず, 方式(ア)と方式(イ)の結果について考察する. 方式(ア)よりも方式(イ)のほうが, 認証率が高かった. これは, 最も経年変化の影響を受けやすい

$0.25 \leq r_i < 0.3$ の範囲の特微量を除外したことが影響したと思われる. しかし, 方式(ウ)は方式(イ)と認証率が変わらず, 方式(エ)と方式(オ)は方式(イ)と方式(ウ)より低い認証率が得られた. よって, 方式(ア)~(オ)認証率の変化は小さかった. これは, 方式(ア)~(オ)の次元数に大きな差がなかったことが影響していると考えられる.

方式(カ)は, 方式(ア)と比べて, 認証率が30%近く向上した. これは, 最も経年変化の影響を受けにくい $0 \leq r_i < 0.05$ の特微量のみを用いたことと, 次元数が(オ)の161から94に大幅に少なくなったことが影響していると考えられる. これにより, 有効な特微量は, $0 \leq r_i < 0.05$ を含む特微量は顔の経年変化に対して有効であるといえる.

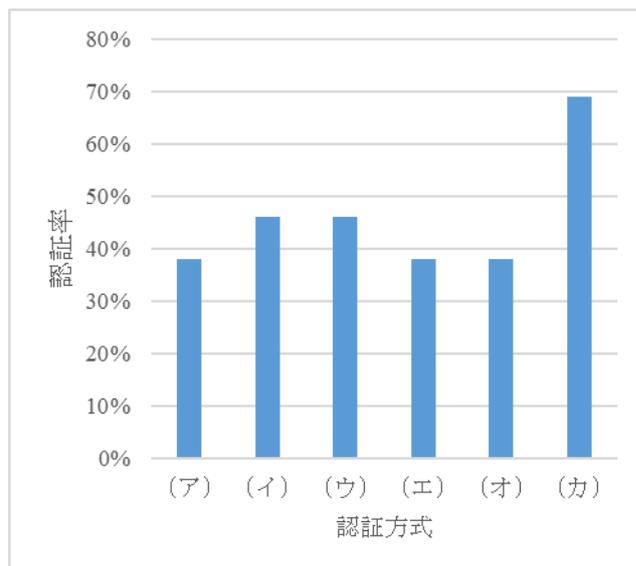


図9 各認証方式の認証率

6. 結論

本校では, 顔グラフ特微量の各成分に対して, 9年間の経年変化に伴う特微量の変化を解析し, 解析結果をもとに, 経年変化の影響を受けにくい特微量のみを使う安否確認システム向け顔認証方式を提案した. 文献[10]の方式と比べて, 認証率が大幅に向上し, 有効性を示すことができた. 今後は, 対象人数を住民名簿に登録されている人数を増やすとともに, 10年間の各年の顔画像と比較して, 評価実験を行う.

また, 避難所で安否確認を行う際, 住民名簿に登録されていない観光客などがいる可能性がある. 今後は, 住民名簿に登録されていない人を誤って認証しないために, 相関係数に閾値を設けて, 住民名簿に登録されている人と登録されていない人の差別化を図る.

参考文献

- 内閣府(防災担当)(2016), “避難所運営ガイドライン,” 入手先 http://www.bousai.go.jp/taisaku/hinanjo/pdf/1605hinanjo_guideline.pdf [Nov. 16, 2016]
- ハザードラボ (2016), “安否確認とは,” 入手先 <https://www.hazardlab.jp/know/glossary/%E5%AE%89%E5%90%A6%E7%A2%BA%E8%AA%8D> [Nov. 16, 2016]
- 村上圭子, “東日本大震災・安否情報システムの展開とその課題~今後の議論に向けて~, ” NHK 放送文化研究所年報 2012, Vol.2012, pp.334-349 (2012)
- 国土交通省 近畿地方整備局 (2002) “第1章 死者を減らすために,” 入手先 <http://www.kkr.mlit.go.jp/plan/daishinsai/1.html> [Jul. 16, 2016]
- 東京都(2016), “国民保護,” 入手先 <http://www.bousai.metro.tokyo.jp/taisaku/1000063/1000418.html> [Nov. 16, 2016].
- 浜松市 (2014), “浜松市避難所運営マニュアル③ 様式集,” 入手先 <https://www.city.hamamatsu.shizuoka.jp/kiki/disaster/bousai/hamamatu>

_j/documents/yousikisyuu.pdf [Nov. 16, 2016]

[7] NHK (2015), “IC タグで安否確認 自主防災組織の取り組み,” 入手先 <http://www.nhk.or.jp/shutoken/miraima/articles/00296.html> [Nov. 16, 2016]

[8] 金澤晃宏, 鈴木秀和, 旭健作, 渡邊晃, “TLIFES を利用した災害時安否確認支援システムの提案,” 情報処理学会研究報告モバイルコンピューティングとユビキタス通信 (MBL), Vol.2014, No.3, 1-5 (2014)

[9] 田丸純, 橋羽里沙, 島和之, 寺田英子, 前田香織, “IC カードと衛星通信を用いた安否確認システムの実験的評価,” 第 75 回情報処理学会全国大会講演論文集, Vol.2013, No.1, pp.263-264 (2013)

[10] 田所龍介, 納富一宏, “顔追跡による継続認証システムの構築,” 情報科学技術フォーラム講演論文集, Vol.14, No.3, pp.331-332 (2015)

[11] sourceforge, “dlib C++ Library”, 入手先 <https://sourceforge.net/projects/dclib/>, [Dec. 16, 2016]

[12] Bor-Chun Chen, Chu-Song Chen, Winston Hsu, “Cross-Age Reference Coding for Age-Invariant Face Recognition and Retrieval,” 入手先 <http://bcsiriuschen.github.io/CARC/>, [May. 3, 2017]