

(平成 15 年度 経済産業省、基準認証事業の一部を要約)

Personal ID Documents 用 各種顔画像の品質と顔認証精度  
に関する調査レポート

平成 16 年 3 月 31 日

(財)ニューメディア開発協会

## まえがき

高度情報化社会の進展に伴って電子政府への各種申請や、インターネットを利用した電子商取引等は、その利便性と効果が広く社会に認識され始めた。反面、これ等のネットワーク利用では、申請者や相手の顔が見えないことなどに起因するさまざまな危険性も指摘されている。特に、2001年9月11日に米国で発生した同時多発テロを機に厳格な本人確認のため、急速「生体情報」の採用がクローズアップされてきた。入国審査におけるパスポートの偽造防止や真正な本人確認手段への展開を始めとして、金融機関における不正な取引やネットワーク機器への不正アクセス防止等、パスワードや暗証番号に加えて新しく生体情報を利用するための国際標準規格開発の作業も始まった。

本報告書は、平成15年度・基準認証研究開発事業として、経済産業省の委託により、社団法人日本自動認識システム協会が実施した「生体情報(バイオメトリクス)による個人識別技術を利用した社会基盤構築に関する標準化」の内、財団法人ニューメディア開発協会が再委託を受け調査を行った「バイオメトリクスを可搬型メディア(近接型非接触ICカード)に応用するための技術調査」の初年度事業に関する研究開発の成果を取りまとめたものである。

国際民間航空機関(ICA0)が電子パスポートに必要な技術をまとめた報告書(ICA0-TR)及び、米国政府職員証の相互運用仕様書(GSC-IS)を要約すると共に、世界のバイオメトリクス運用動向も調査した。机上テストでは、「顔画像/写真品質と認証精度」について、最適な撮影条件(ISO/IEC CD 19794-5 反映)と簡便な駅前設置のスタンド撮影による画像品質等、5種類の写真を提供して8社の認識機器で比較評価を実施した。この成果は、小規模なテストではあるが、ICA0-NTWG 及び SC17/WG3 の会議で活用すると共に、ホームページでも公開することとした。認識精度を向上させるため、最良の条件を調査した。さらに、認識評価結果と共に、撮影条件の指針として詳細な構成図と使用機器を添付したので活用して欲しい。

末尾ながら本調査を進めるに当たり、ご多忙の中ご協力をいただいた委員をはじめ多数の方々に対し、心からお礼申し上げます。

平成16年3月31日

財団法人ニューメディア開発協会  
常務理事 国分 明男

Personal ID Documents 用各種顔画像の品質と顔認証精度に関する調査レポート	3
1 調査研究の背景・目的	3
2 調査研究の推進体制	3
3 参考文献	3
4 実験について	4
4-1 実験の目的及び方針	4
4-2 実験計画	5
5 実験結果	7
5-1 ベストプラクティス条件の机上検討	7
5-2 撮影環境の検討・構築と Token Frontal Image の生成	8
5-3 顔認識実験結果	15
6 考察	19
6-1 顔写真データの登録条件に関する考察	19
7 今後の検討課題とまとめ	23

# Personal ID Documents 用各種顔画像の品質と顔認証精度に関する調査レポート

## 1 調査研究の背景・目的

バイオメトリクスを厳正な本人認証に利用しようという動きが活発化している。ICAO TAG/NTWG は新しい e-MRP のための技術レポートを、また米国商務省標準技術局 (NIST) では、GSC-IS の仕様書をそれぞれ策定している。

上記に記録される交換用顔データは、ISO/IEC JTC1 SC37/WG3 が規格開発中の ISO/IEC CD 19794-5 として標準化が進んでいるが、顔認証は撮影環境などによりその精度が大きく左右されてしまう課題はある。しかし顔画像は利用に当たって最も抵抗感が少なく普及が見込まれるバイオメトリクス技術でもあることから、CD19794-5 ではベストプラクティスと呼ぶ撮影条件も含めた標準を開発することで対応している。

このような状況を踏まえ、日本における Personal ID Documents で用いられる各種顔画像の品質と認証精度との関係について、調査検討を行ったので報告する。

## 2 調査研究の推進体制

- 委員長：松下電器産業株式会社
- 委員(順不同)：凸版印刷株式会社、日本電信電話株式会社、日本電気株式会社、株式会社日立製作所、富士通株式会社、株式会社東芝、大日本印刷株式会社、オムロン株式会社、株式会社 NTT データ
- オブザーバ(順不同)：外務省、経済産業省、国土交通省、全国銀行協会、新東京国際空港公団、財団法人ニューメディア開発協会
- 事務局：財団法人ニューメディア開発協会
- リエゾン：Japan National Body of ISO/IEC JTC1 SC37

## 3 参考文献

- ISO/IEC CD 19794-5, Biometric Data Interchange Formats --- Part 5 : Face Image Data, <http://www.jtc1.org/FTP/Public/SC37/DOCREG/37N0342.pdf>.
- NIST Interagency Report 6887 – 2003 Edition, Government Smart Card Interoperability Specification, version 2.1, <http://csrc.nist.gov/publications/nistir/nistir-6887.pdf>.
- ICAO TAG/MRTD/NTWG, Biometrics Deployment of Machine Readable Travel Documents, version 1.9, <http://www.icao.int/mrtd/download/documents/Biometrics%20deployment%20of%20Machine%20Readable%20Travel%20Documents.pdf>.

- Digital compression and coding of continuous-tone still images, ISO/IEC 10918-1:1994, <http://www.iso.ch/iso/en/CatalogueDetailPage.CatalogueDetail?CSNUMBER=18902&CS1=35>.
- Independent JPEG Group, <http://www.ijg.org/>.
- Evaluation Method for Accuracy of for Face Authentication Systems, JIS TR X0086-2003 (in Japanese).
- GretagMacbeth AG, ColorChecker, <http://www.gretagmacbeth.com/>.
- ISO 12233:2000, Photography – Electronic Still-picture Cameras – Resolution Measurements, <http://www.iso.ch/iso/en/CatalogueDetailPage.CatalogueDetail?CSNUMBER=33715>.

## 4 実験について

### 4-1 実験の目的及び方針

本報告にて述べる机上実験の目的は主に、本人認証の場面における目視による了解性や、計算機による認識精度を考慮し、パスポートその他の Personal ID Documents に格納される顔画像情報に要求される、撮影条件やデータ圧縮などの要件について明確にすることにある。

Personal ID Documents を利用する典型的な顔認識システムのフローを図 1 に示す。濃い緑のボックスが Personal ID Documents を発行するまでの登録処理、薄い青のボックスが応用場面で実行される照合処理となる。

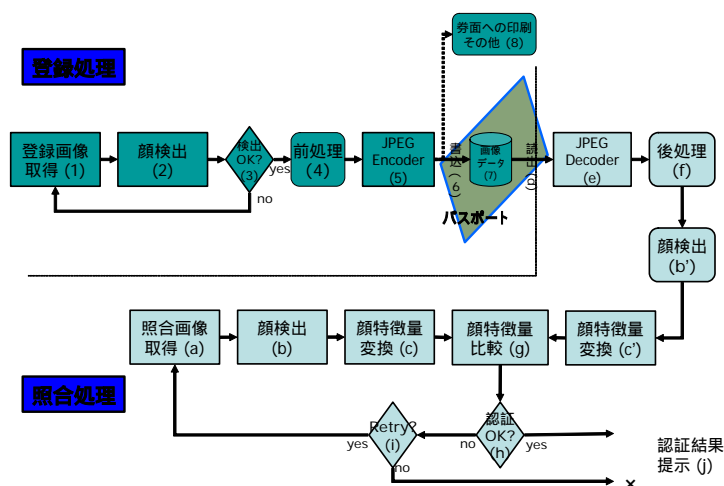


図 1 Personal ID Documents を利用する典型的な顔認識システムのフロー図

現状での顔認識技術は、顔画像の撮影環境により大きくその精度を劣化させてしまう問題がある。そのために図中の登録画像取得(1)における、妥当な撮影・登録条件について検討する必要がある。応用として既存の Personal ID Documents を念頭に置いたとき、妥当性には大きく分けて二つの観点が存在すると考えられる。一つは Personal ID Documents 申請フローに準じた撮影条件を踏襲し、申請・発給に関わるシステムの改変を最小限に抑えるものである。もう一つは、応用場面における本人認証精度を最大限に活かし、かつ複数の国間で合意が得られる可能性が高い撮影条件へと移行するものである。

前者として日本国内を想定すると、街角に設置されているスタンド撮影と、写真館にて多く共通的に採用されているスタジオ撮影の、二つの代表的な環境がある。

後者としては ISO/IEC CD 19794-5 で記述されている撮影条件がある。この中では顔画像の必須撮影条件・オプションの撮影条件が記述されており、特にオプションのベストプラクティスは、文字通り最大限精度を高めるための条件として利用できると考えられる。本報告書ではベストプラクティスをベースとし、実現性という観点からの撮影条件を吟味するとともに、実際の撮影環境の構築について述べる。

これら登録画像撮影条件は、応用場面での照合精度と密接な関係がある。本報告書では照合処理を行う応用場面において、顔認識精度を最大限活かすような撮影条件が利用されると仮定し、登録顔画像撮影環境の本人認証精度への影響を評価する。

また Personal ID Documents 中の蓄積メディアの容量は一般に小さく、また外部へのデータ転送インタフェースのバス幅も限られている。そのため図中(7)における顔画像サイズをどう定めるかが実用上の課題となる。ICAO Biometrics TR では、顔照合精度に大きな影響を与えない顔画像データサイズとして、平均 12KB 以上を推奨している。しかし個々の顔画像データサイズがばらつきを持つと、Personal ID Documents 上の IC チップメモリサイズやデータ転送アーキテクチャの設計への影響が考えられる。本報告書では、実際の顔画像を利用してその品質とデータサイズとの関係について調査する。

最後に顔画像の圧縮後品質と、本人認証精度について調査することで、データサイズの目安を求める。

## 4-2 実験計画

### 4-2-1 顔画像データの採取計画

今回の実験にて採用する顔画像撮影条件は、以下 2 点を考慮し実施した。

- ・ パスポートなどの Personal ID Documents 申請フローを前提とした撮影条件
- ・ ISO/IEC CD 19794-5 にて議論されている撮影条件(ベストプラクティス環境)

前者については日本国内の状況を鑑み、スタンド撮影とスタジオ撮影の2つの撮影条件を想定する。後者についてはまず ISO/IEC CD 19794-5 のベストプラクティスとして記述されている内容を机上にて検討し、実現可能な条件を整理・抽出した後、実際に機材を用いて撮影条件(本報告書としてのベストプラクティス)を構築する。カメラ機材については、プロ用アナログカメラ・プロ用デジタルカメラ・一般向けデジタルカメラの3機種を利用する。実際に用いた5種類の組み合わせの撮影環境・機材を下にまとめる。

- (1) スタンド撮影した顔写真をスキャナ取り込みした顔画像(以降の本報告書では agbx と表記)
- (2) スタジオ環境にて、プロ用アナログカメラで撮影した顔写真をスキャナ取り込みした顔画像(apst)
- (3) ベストプラクティス環境にて以下の機材で撮影
  - (3-1) プロ用アナログカメラで撮影した顔写真をスキャナ取り込みした顔画像(apbp)
  - (3-2) プロ用デジタルカメラで撮影した顔画像(dpbp-dnp)
  - (3-3) 一般向けデジタルカメラで撮影した顔画像(dgbp-dnp)

上記画像は目の中心位置を手作業にて入力した後、ISO/IEC CD 19794-5 に記載された最小サイズの Token Frontal Image Type に変換する。

なお上では Personal ID Documents 上に記録する顔画像について述べている。照合用の顔画像については、顔認証精度を最大限高めるための撮影条件が利用されるとして、(3-2)と(3-3)を流用することとする。また採取人数については、基礎的な検討ということで最小限に留めることとする。

#### 4-2-2 顔画像情報に対する圧縮実験と顔認識実験

画像圧縮アルゴリズムとして、普及してからの経過時間を考えると潜在的な特許問題へのリスクが少ないと思われる JPEG 規格を取り上げる。リファレンスソフトウェアとしては、Independent JPEG Group が開発した JPEG 圧縮伸張ライブラリ・コマンド version 6b 中の cjpeg コマンドを利用する。このときのパラメータとしては品質係数だけを用いることとする。

顔認識実験は、日本国内メーカー8社の最新技術に基づく実験協力を得て進める。本報告書における顔認識実験の目的は、撮影条件や画像圧縮などの要因による精度劣化を分析することであり、メーカー間の精度比較ではない。そこでメーカー間での精度の比較ができないよう、照合結果はそれぞれのメーカーにおける最悪精度で正規化する。

## 5 実験結果

### 5-1 ベストプラクティス条件の机上検討

ISO/IEC CD 19794-5 に記載されている Token Frontal Image Type についてのベストプラクティス撮影条件について、実現性の面から机上検討を行った結果を表 1 に示す。今後は本条件をベストプラクティス条件と呼ぶこととする。この机上検討で実現が困難と判断された内容及びその理由については表 2 に示す。

表 1 本報告書において実施したベストプラクティス撮影条件

被験者の状態		カメラ、ライト、背景などの撮影環境		撮影時の注意点	
姿勢	正面を向いている事(カメラマンが目視で正面を指示・確認)	背景	背景色は一様のグレー(18%グレーが出来ればよい)	背景	背景に影が出ていない
	肩はカメラに正対している事(カメラマンが目視で正面を指示・確認)		光源は、輝度変化が起きにくいハロゲンライトを用いる		頭と背景の間の境界がはっきりしている
表情	目を普通に開き口を閉じた無表情	照明	拡散された光源や複数光源をバランス良く配置する	照明	方向性が無く、顔両側や上下に様に照射されている
その他	一人で写る(他の顔が写っていない事)	照明	ホワイトバランス、カラーバランスをとる事	カメラ	明るい反射点が出来ない事
			高い色温度のストロボ + 普通のフィルム 若しくは 白熱灯 + それよりのフィルム アナログのみ		顔に影が出来ない事(眉で眼窩に影が出来ないなど) 鼻先から耳、顎から頭頂までピントがあっている事
眼鏡	通常眼鏡を使用している場合は、着用したまま撮影	カメラ	十分な焦点深度を取る。[フォーカスを最大アパーチャ口径から2絞る(推奨)] 35mmの場合: 焦点距離90-130ミリ、他の場合2~3倍の焦点距離	全体	顔の特徴がはっきりわかる事。 照明、人物、カメラの位置関係を調整し実現
	フレームで眼が隠れない事		解像度チャートで2mmを確保する		虹彩や瞳孔がはっきり見える
	レンズが透明な事		適切な露光時間		赤目になっていない事
		その他	カラーチャート、解像度チャートと一緒に撮影	眼鏡	眼鏡をかけた場合、レンズに照明の写り込みが無い事

表 2 ISO/IEC CD 19794-5 に記載されているが、本報告書では採用しなかった撮影条件

種別	未採用の条件	理由
被験者の状態	姿勢が正面から5°以内に収まっている	姿勢が5°以内に収まったかの確認実証が非常に困難である。
デジタル化条件	顔部分での輝度レンジが7ビットである	撮影画像一枚ずつに対し調整・確認が必要となり、運用実現が困難である



(a) スタジオ環境

(ストロボ照明 + アナログプロ用カメラ)



(b) ベストプラクティス環境

(ストロボ照明 + アナログプロ用カメラ)



(c) スタンド環境

図 2 撮影した Token Frontal Image の例 **転用禁ず**



## 5-2 撮影環境の検討・構築と Token Frontal Image の生成

本実験で構築した3つの撮影環境(スタンド撮影、スタジオ環境、ベストプラクティス環境)について説明する。スタンド撮影とスタジオ撮影は、日本における Personal ID Documents 用顔写真の代表的な撮影環境である。

スタンド撮影は、街角に設置された写真ボックスにて撮影するものである。典型的な装置では、ストロボは1灯で前面上部に設置されており、フロントパネルから被写体までの距離は60~70cmと比較的近い状況である。本報告書で扱う画像は、実際に街角にて撮影した顔写真をスキャナで取り込んだものとなる。

スタジオ撮影は、写真館で証明書用として撮影されるものである。典型的な環境としては背景にグラデーションをつけると共に、左右の照明バランスを変えることにより、被写体の立体感を出す状況である。こちらについては実験室に構築した環境にて、全ての人物の顔画像を撮影した。

被撮影者は女性4名、男性27名である。実際に撮影した画像から生成した Token Frontal Image の例を図2に示す。

### 5-2-1 ベストプラクティス環境の構築

表1に準ずる、ベストプラクティス撮影環境を構築した。用いた照明は、ストロボとハロゲンランプの二種類である。それぞれ同一の配置とし、ライトだけを変更することでほぼ同様な顔画像を得ることができた。

表2にストロボ照明を用いたベストプラクティス環境(以下、ストロボBP環境)を構築するまでの作業手順を、表4に撮影に用いたカメラや照明などの機器を示す。また、図3にストロボBP環境でのカメラ、照明機器、被写体の配置図を示す。図4にストロボBP環境作成時の状況を示す。今回の撮影では、カラーバランスや撮影解像度が確認できるよう、マクベス社製カラーチェッカー及びISO12233準拠の解像度チャートも被写体と一緒に撮影を実施する。撮影を行うまでに撮影者が被験者に対して指示した内容を表3に示す。ハロゲンランプを用いた場合の機材を、表4に示す。

また別途照明やカメラなどの機材を変更し、本報告書で示した表や図をもとにベストプラクティス撮影環境の再現実験を行い、半日程度にて構築可能であることを確認した。

表3 ストロボ照明を用いたベストプラクティス撮影環境構築手順

手順	作業内容
1	バックペーパーを天井付近の高さ(部屋の大きさ(天井の高さ:2,400~2,600mm))まで設置する。(バックペーパー:スーペリアNo.23 ダルアルミ グレー10%の物を使用 サイズ:1,250mm×2,400mm)から手前側に1,450mm(バックペーパーの左右センターに同じ(幅440×奥行き480×座板高さ490mm))をセッティングする。
2	
3	椅子の正面にカメラをセッティング。椅子の前面から2,200mmの所にカメラを設置。
4	ライティングに関しては カメラの上部にメインライト(TK-BOX:表7参照)を設置し、カメラから均等の距離に均等の出力(バタフライライティング)ができるようにストロボを設置する。
5	顔のシャドーが入らないように、手前下からレフで首の下の部分や頬のシャドーを弱くするように調整する。レフ板の高さ300mm(低い部分)・傾斜角20°~25°
6	カラーチャートと解像度チャートは、画面の下側にセッティングし、画面内に入るようにする

## Best Practice Light Setting 1

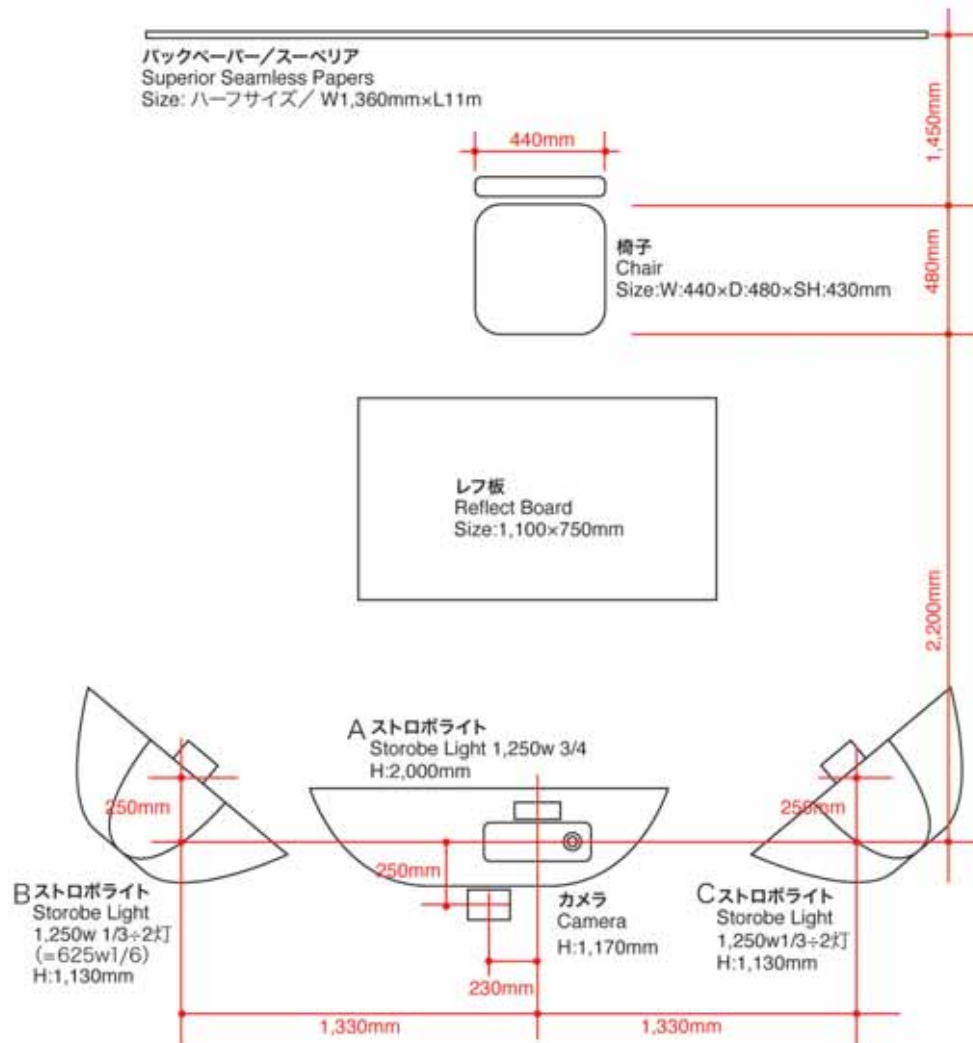


図 3 ベストプラクティス撮影環境での機器等の配置(ストロボ照明)

表 4 ベストプラクティス撮影環境での撮影機材(ストロボ照明)

	種類	設定値など
アナログカメラ (プロ用)	Mamiya RZ67 Professional	レンズ:140mm、絞リ:F11 1/2、シャッター速度: 1/60、
デジタルカメラ (プロ用)	NiKon D1X	レンズ:35-70mmズームレンズ 60mmで撮影 絞リ:F16、シャッター速度:1/60、感度:ISO125、 解像度:300pixel/inchサイズ:幅1,539×高2,362画
ストロボライト	コメットCL-1250	ヘッド:CB-25ヘッド
メインストロボ用傘	TK-BOX	カメラから均等の距離に均等の出力が可能

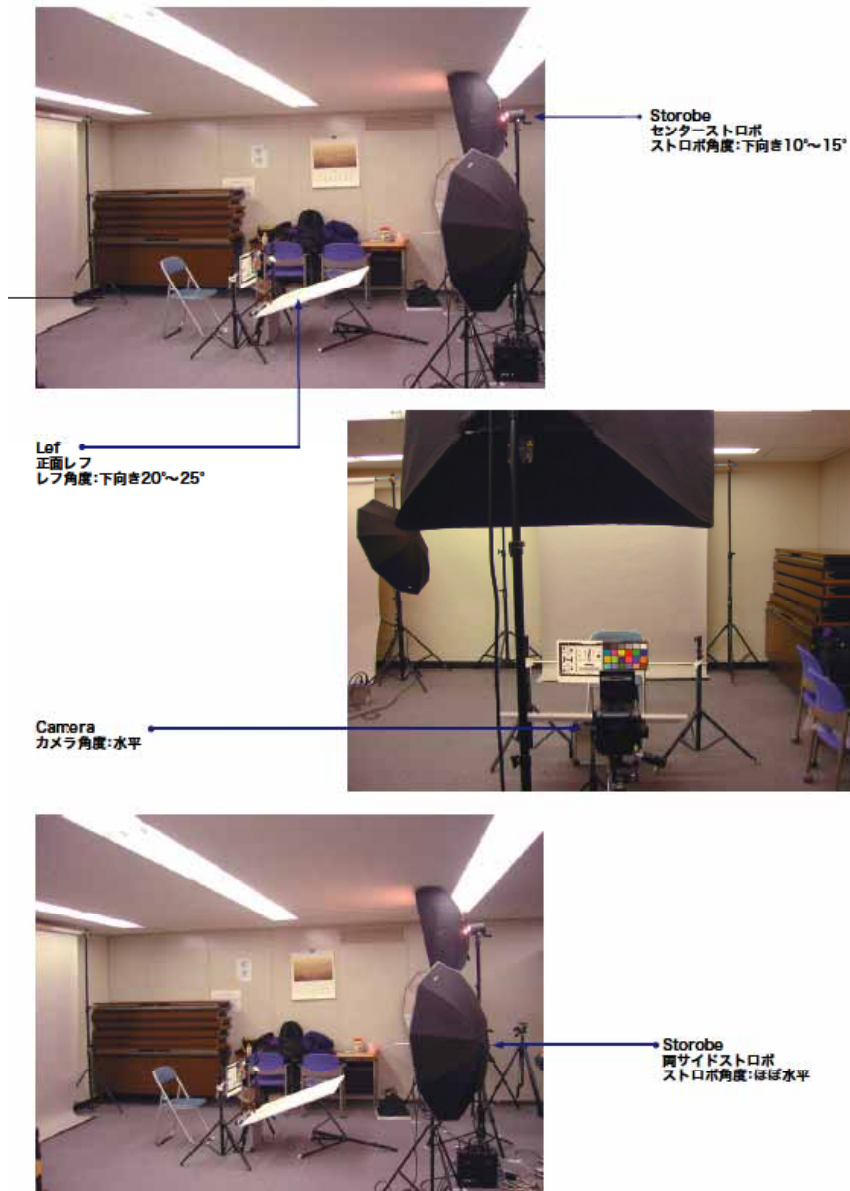


図 4 ベストプラクティス撮影環境作成時の状況(ストロボ照明)

表 5 撮影を行う際の被験者に対する指示手順(撮影者が指示)

手順	作業内容
1	カメラ側を向いて椅子に腰掛けてください(誘導する)。
2	カメラのファインダーをのぞいて、被写体の位置や、顔の向きを正面へ誘導するように指示をする。 使用する用語は「左(右)を向いてください。」「深く腰を掛けてください。」「 あごを引いてください。」「顔を左(右)に傾けてください。」
3	基本的に、この後「では、シャッターを切ります。」の声を掛けてシャッターを切るが、被写体から目を離さず、シャッターを切った瞬間にまばたきをしているか確認する。
4	まばたきをしているようなら、「目を閉じてください。」「開けてください。」の声を掛け(まばたき防止)、シャッターを切るようにする。
5	再度撮影を行う場合は、「もう一度撮影します。」の声を掛ける
6	撮影完了時(確認事項も終了するまで着席させる)、「はい、結構です。終わりました。」の声を掛ける

表 6 ベストプラクティス環境での撮影機材の説明(ハロゲン照明)

	種類	設定値など
デジタルカメラ (民生機)	SANYO DSC-MZ1	絞り優先オート撮影(絞り、シャッター、ISO感度) サイズ:幅1,496×高さ2,000pixel 解像度72pixel/inch
メインハロゲン照明	写真電気工業(株)製 RIFA-LC665	3200K <a href="http://www.net-sd.co.jp/NEWSITE/2f/rifa/rihl.html">http://www.net-sd.co.jp/NEWSITE/2f/rifa/rihl.html</a>
サイドハロゲン照明	写真電気工業(株)製 キャッチRIFA	3200K <a href="http://www.net-sd.co.jp/NEWSITE/2f/rifa/rihl.html">http://www.net-sd.co.jp/NEWSITE/2f/rifa/rihl.html</a>

### 5-2-2 Token Frontal Image の生成

前節にて収集した顔画像データから、ISO/IEC CD 19794-5 に記述された Token Frontal Image を生成する。目の中心位置を基準とするアフィン変換には、一般に普及している画像処理ソフトである、Adobe Photoshop 6.0 を用いる。画像の回転、拡大/縮小処理における補間についてはバイキュービック法を利用する。

圧縮アルゴリズムは JPEG を選択し、Independent JPEG Group が提供している JPEG 圧縮伸張ライブラリ・コマンド version 6b を利用する。圧縮コマンド cjpeg に与えるパラメータは品質係数のみとし、5 から 100 まで 5 ステップずつ変化させることにより、20 種類の圧縮データを生成する。

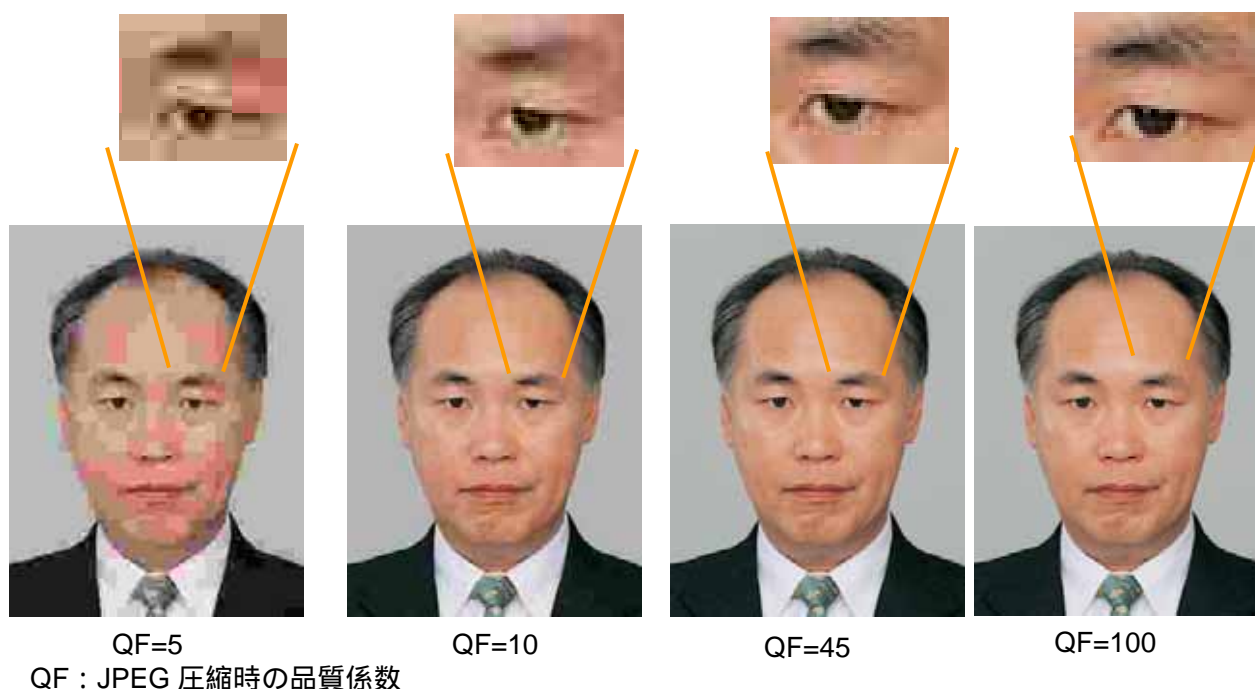


図 5 JPEG 圧縮時の品質係数の違いによる画質の変化 **転用禁ず**

生成した圧縮顔画像に対して、まず主観評価実験を行った。

顔画像の一例を図 5 に示す。品質係数が 45 において目視レベルで多少画質が劣化しており、目の付近を拡大すると、モスキートノイズ(高調波成分による歪)が発生しているのが

分かる。品質係数を 10 まで低下させると、ブロックノイズが明確に現れ、5 まで低下させると、顔の輪郭や顔の特徴点、色調に関しても大幅に崩れているのが確認された。Personal ID Documents に記録された顔画像を、目視による本人認証に利用されるであろうことを考慮すると、少なくとも品質係数は 45 以上となるようにするのが望ましい。

なおエンコーダによっては品質係数の意味が異なる、またそもそも品質係数自体が存在しないこともある。従って本節で実行した主観評価実験は、エンコーダ毎に実施する必要があると思われる。

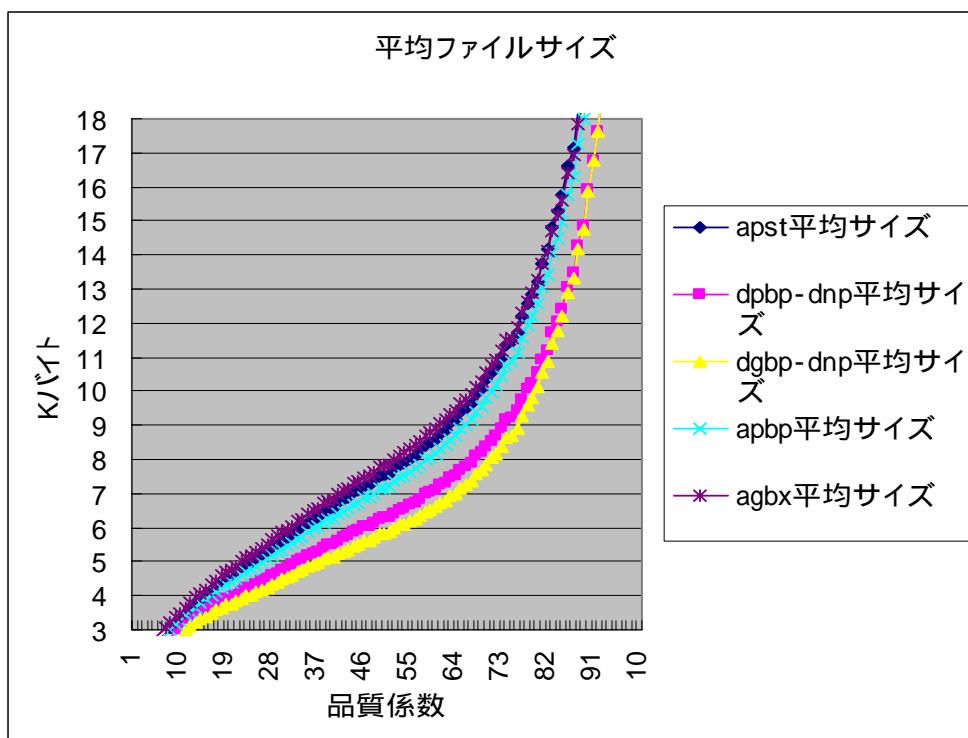


図 6 品質係数と平均 JFIF ファイルサイズの関係

### 5-2-3 品質係数と画像サイズの関係

前節と同じく Independent JPEG Group が開発した、JPEG 圧縮伸張ライブラリ・コマンドを用いる。圧縮には cjpeg コマンドを利用し、パラメータは品質係数のみを、1 から 100 まで 1 ステップで変化させて、一つのファイルあたり 100 個の圧縮ファイルを生成する。

4-2-1 節にて説明した 5 種類の顔画像に対して、品質係数毎に平均の JFIF ファイルサイズを算出し図 6 に示す。全体としては、アナログカメラで撮影しスキャンした画像が、デジタルカメラ画像に対し、同一品質係数でのファイルサイズがやや大きめとなっていることがわかる。但しこの傾向は、今回の撮影機材やスキャン方法その他に依存している可能性もあり、必ず同様な振る舞いを示すとは言えない。デジタル画像生成過程により、この程度のばらつきは生じるものであると受け止めるのが正しいように思われる。

図 7 に、品質係数と、平均・最小・最大の各 JFIF ファイルサイズについてプロットする。この図より、例えば同一の品質係数であっても、圧縮されたファイルのサイズには大きなばらつきが生じる、逆に同一のファイルサイズに圧縮しようとしたときには、品質係数に大きなばらつきが生じることがわかる。

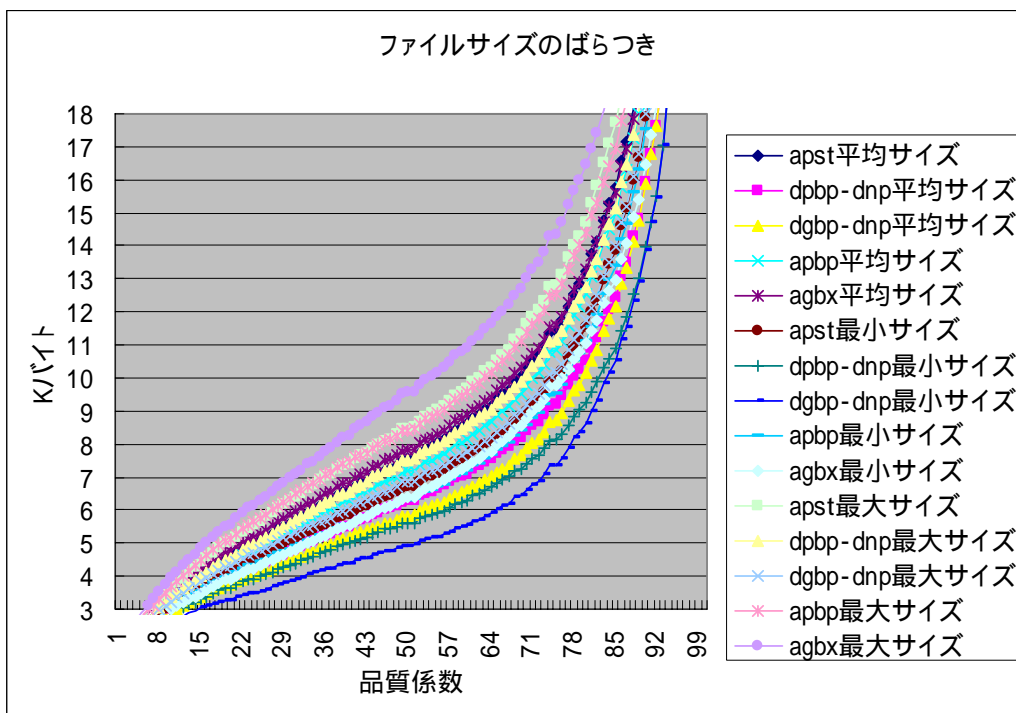


図 7 品質係数と平均・最小・最大ファイルサイズの関係

例として何点かの品質係数を定めて画像データ圧縮を行うとし、全ての撮影条件における最小・最大の JFIF ファイルサイズについて調べたところ、表 7 のように、ほぼ 2 倍程度のばらつきが観測される。

表 7 固定品質係数における、全ての撮影条件における最小・最大ファイルサイズ

品質係数	最小ファイルサイズ(KB)	最大ファイルサイズ(KB)
70	6.6	13.0
50	4.9	9.6
25	3.6	6.3

また逆に、JFIF ファイルサイズを定めて画像データ圧縮を行った場合について、全ての撮影条件における最小・最大の品質係数について調べたところ、表 8 に示した通りやはり大きなばらつきが見られる。本報告書における実験は非常に小さなサンプル数で行われたことを鑑みると、実際の Personal ID Documents 発行に際してはもっとばらつきが増えると思定するのが自然である。



また前節において主観画質評価により、品質係数 45 以下では大きな画質劣化が見られることがわかっている。従って、最終ファイルサイズが 9KB となるように品質係数を制御した場合、画像によっては画質劣化が観測されるものが出てくる恐れがある。

表 8 固定ファイルサイズにおける、全ての撮影条件におけるの最小・最大品質係数

ファイルサイズ(KB)	最小品質係数	最大品質係数
12.0	65	87
9.0	45	80
6.0	22	64

次に個別のケースについて調査する。表 8 と同様、固定ファイルサイズにおける品質係数について、横軸を人物としてプロットした図を図 8 に示す。赤で囲んだ人物番号 21 は、画像の撮影条件によらずほぼ一様に、他の人物よりも低い品質係数となっている。緑で囲んだ人物番号 26 も同様である。また青で囲んだ人物番号 17 の振る舞いはグラフをよく見ると、agbx の撮影条件以外は他の人物と同程度の品質係数であるにもかかわらず、agbx だけ大きな劣化が見られる。

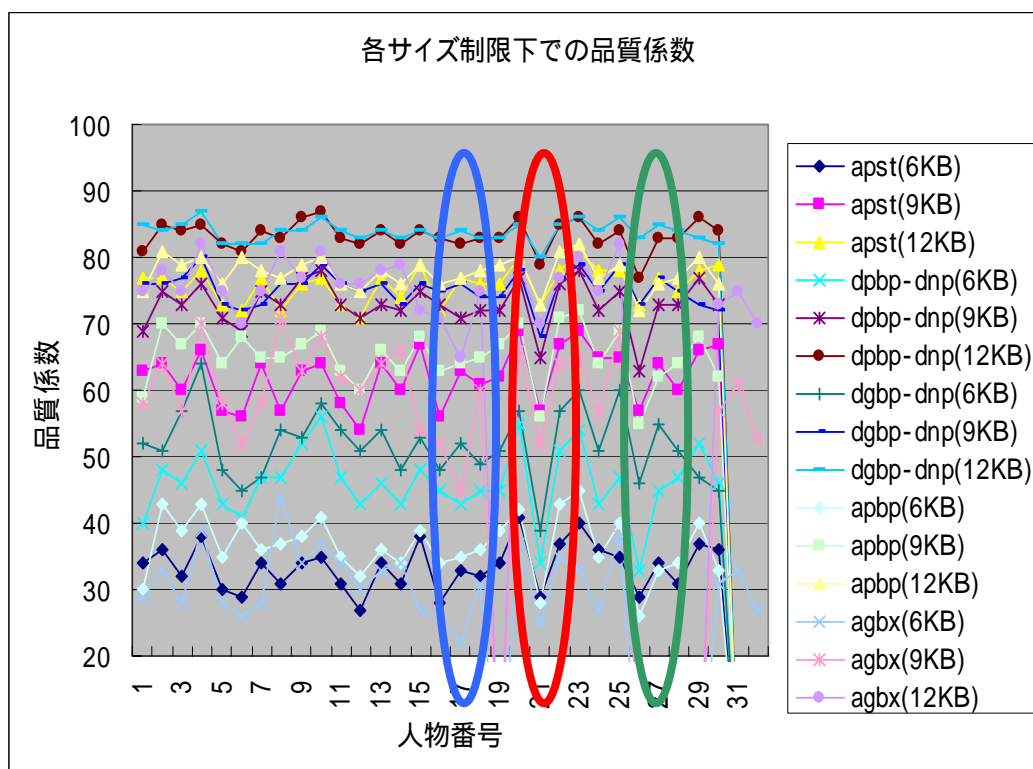


図 8 人物毎の品質係数(固定ファイルサイズ制限下)分布

人物番号 21・26・17 について、実際の顔画像を図 9 に左から順に示す。人物番号 21 と 26 について、他に比較して小さな品質係数となった原因は、髪の毛領域のテクスチャが、

他の人物(ほとんどが男性で短くまとまった髪型)に比較して非常に大きいことが考えられる。また人物番号 17 については、本例示画像のみ非常に細かいチェック柄の服装であったことが考えられる。

このように髪型や服装によって容易に圧縮率が変動するために、顔画像を Personal ID Documents 上へと記録する際には何かしらの対策が必要であろう。



図 9 同一ファイルサイズとするのに、他の人物よりも小さな品質係数となった画像例。  
左より人物 21・26・17

### 5-3 顔認識実験結果

これまで説明してきた顔画像を用い、日本国内メーカー8社から提供された顔認識エンジンを利用し、顔認識実験を行った。この顔認識実験は実験計画で述べた通り、(1)現在の Personal ID Documents の申請・発給フローにて持ち込まれる顔画像と、(2)顔認識性能を最大限引き出すと考えられる環境であるベストプラクティス環境にて撮影される顔画像について、それぞれ登録顔画像として利用し、撮影条件による顔認識精度の変化を調査検討することで、申請・発給フローの改善や変更が必要かどうかの検討を行う材料を提供することが目的である。

顔認識実験で使用した登録顔画像と照合顔画像との関係を表 9 に示す。全部で 10 通りの顔認識実験が実施されることになる。

ここで本顔認識実験における照合精度の取り扱いについて述べる。この実験は、各メーカーの個別性能を比較するのではなく、撮影条件の違いによる照合精度への影響を調査することが目的である。従って主観画質が極めて悪い品質係数 10 以下を除く、全ての品質係数・撮影条件下でのメーカー毎の最大の誤り率を 100%とし、正規化した正規化照合率を算出した。

次に顔認識実験の結果について説明する。



図 10 と図 11 に、品質係数 100 即ち JPEG 圧縮による画質劣化がない場合での結果を示す。横軸は実験番号であり、1(a)はスタジオ環境においてプロ仕様アナログカメラで撮影した顔画像、1(e)はスタンド撮影顔画像をそれぞれ登録データとした場合、即ち従来日本での Personal ID Documents 申請・発給フローにおいて持ち込まれる顔画像を想定した実験である。また 1(d)は、ベストプラクティス環境においてプロ用アナログカメラで撮影した顔画像を登録データとした場合、即ち顔認識精度を最大限引き上げるように申請・発給フローを変更した場合を想定した実験である。

顔認識実験番号	登録データ	照合データ
1(a)	apst	dppb-dnp
1(b)...(注 1)	dppb-dnp	
1(c)	dgbp-dnp	
1(d)	apbp	
1(e)	agbx	
2(a)	apst	dgbp-dnp
2(b)	dppb-dnp	
2(c) ...(注 1)	dgbp-dnp	
2(d)	apbp	
2(e)	agbx	

(注 1) 登録データと照合データが同一撮影条件となる。

表 9 顔認識実験における登録顔画像と照合顔画像との関係

縦軸は正規化 FRR を示しており、図 10 は FAR=0.5% の場合、図 11 は FAR=1.0% の場合である。スタンド撮影に比較して、スタジオ撮影環境とベストプラクティス環境で正規化 FRR が小さくなっているメーカーが存在するが、実験に用いたサンプル数が少ないこともあり、各メーカーへのヒアリングに基づくと統計的に有意な差ではないと思われる。よって、あくまでも今回の顔認識実験においては、顔照合という観点からは両者の差はなく、撮影環境の変更等は必要ないように見える。

しかし繰り返すと、本認識実験ではサンプル数が非常に小さいこと、その上で複数メーカーの実験結果がスタンド撮影で悪化していることについて注意すべきであり、多くのサンプルによる実験により検証されるまで結論はペンディングすべきでないと思われる。また ICAO バイオメトリクステクニカルレポートや ISO/IEC CD 19794-5 では識別実験結果を主に議論の対象としている。一般的には識別実験の方が照合実験よりも精度面で大きく影響を及ぼすことが知られており、同様の実験が必要であろう。

スタジオ撮影とベストプラクティス撮影については微妙な差異しか観測されなかった。この差異については照合用顔画像撮影環境と合わせて議論されてゆくべきではないと思われる。

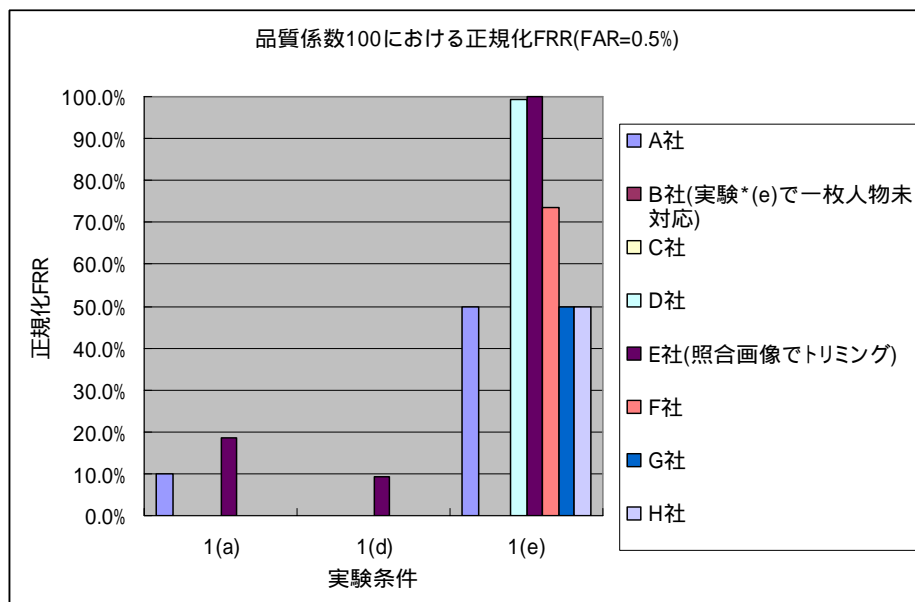


図 10 品質係数 100、FAR=0.5%のときの正規化 FRR

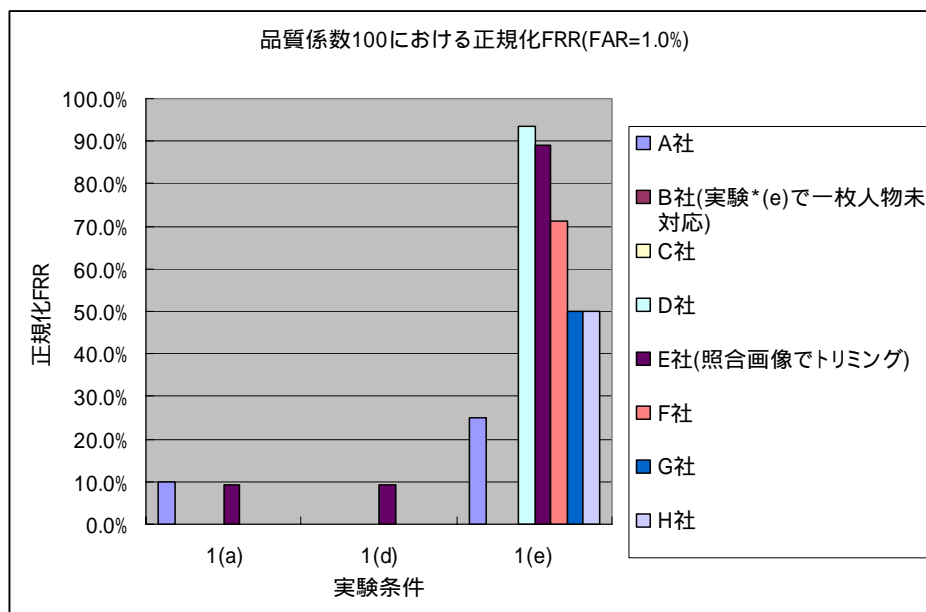


図 11 品質係数 100、FAR=1.0%のときの正規化 FRR

参考のために、図 12 に正規化 EER のグラフを示す。このグラフは上記考察を支持すると考えられる。

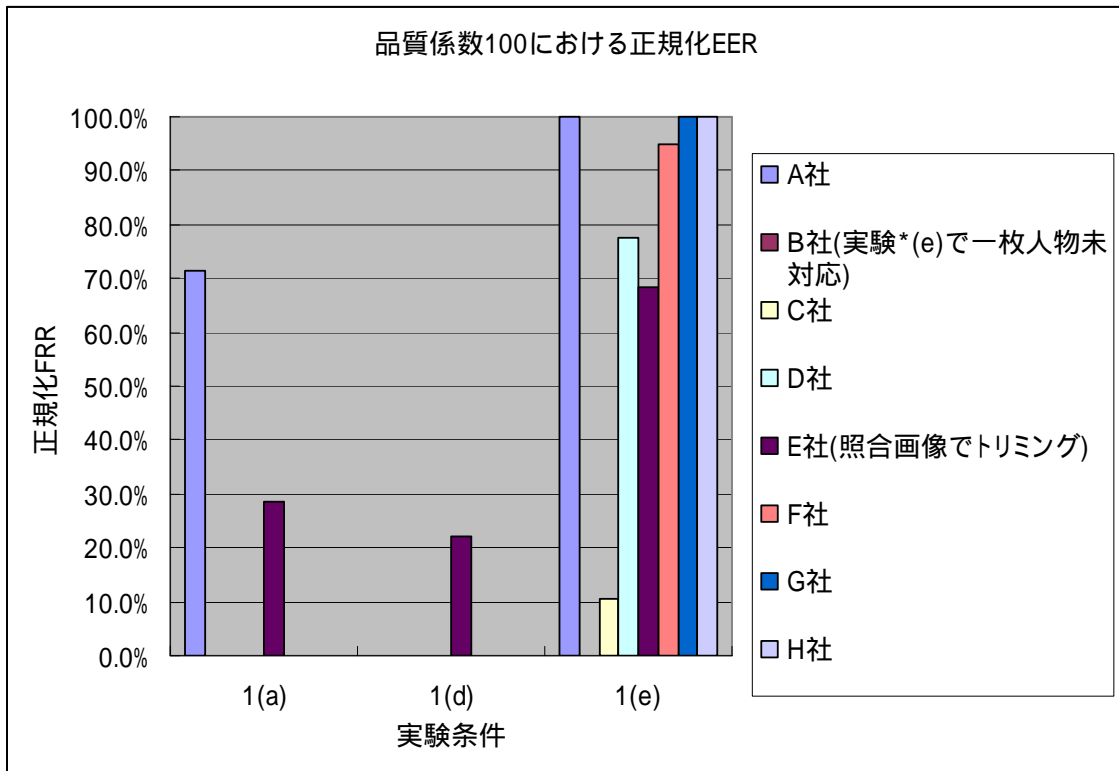


図 12 品質係数 100 のときの正規化 EER

次に品質係数と照合精度の関係について図 13 と図 14 を示す。両方とも実験番号 1(a) での結果であり、横軸は品質係数、縦軸は、図 13 は FAR=0.5% 時の正規化 FRR、図 14 は正規化 EER である。どちらのグラフも、主観品質に大きな問題がある品質係数 10 以下を除けば、ほぼフラットな分布をなしており、やはりサンプル数が非常に少ないという条件下ではあるものの、大きな画質劣化を伴うような品質係数を用いなければ照合精度への大きな悪影響は存在しないものと思われる。

なお目視によっても人物検査に全く適さないような圧縮顔画像となってしまう品質係数 10 以下においては、メーカーにより照合精度に大きな影響があるものと、そうでないものがあるように見える。しかし、本来の顔画像の用途に合致しない領域であるために、本報告書ではこれ以上言及しない。

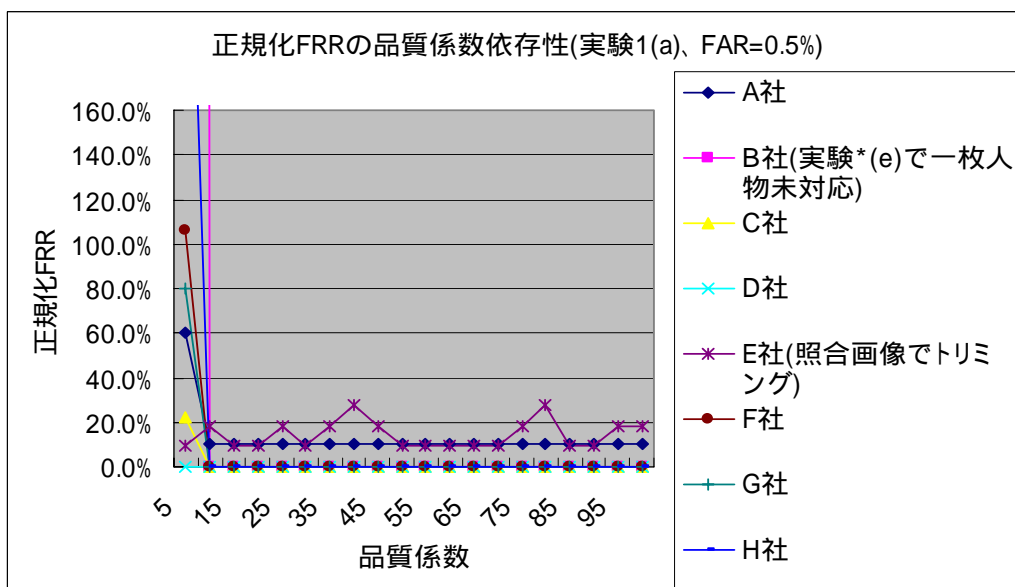


図 13 実験番号 1(a)における、品質係数と正規化 FRR の関係(FAR=1.0%)

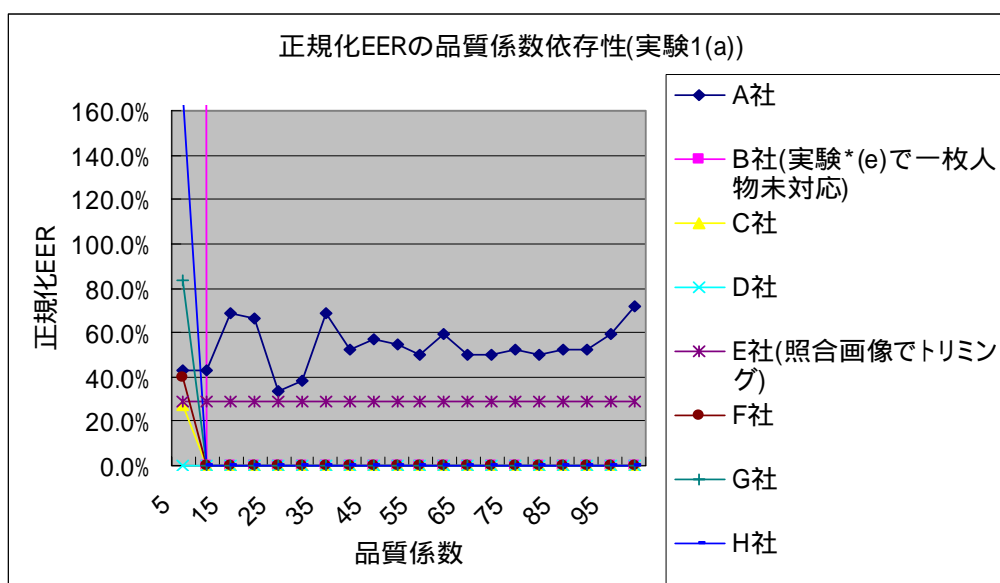


図 14 実験番号 1(a)における、品質係数と正規化 EER の関係

## 6 考察

### 6-1 顔写真データの登録条件に関する考察

#### 6-1-1 撮影条件の差異による写真画質について

本節では、前述したスタジオ環境、ベストプラクティス環境、スタンド環境での写真画質の差異に関する考察を行う。図 2 にスタジオ環境、ベストプラクティス環境、スタン

ド環境で撮影した写真顔画像の一例を示す。ともに、アナログカメラで撮影した写真を、紙焼きに出力したものを、スキャナで入力しデジタル画像化したものである。

図 2 の各顔画像を比較すると、一目見てスタンド環境で撮影した写真顔画像の品質が良くないことが感じられる。例えば肌の色が白っぽくなっていると共に、顔全体にざらつきが感じられる。また顎の下に、やや不自然な影が落ちている。その他のスタンド撮影した顔画像を、撮影環境、被写体の状態等の観点で観察した結果を表 10 にまとめる。目視的にも、顔照合精度の面からも十分な品質であると断言できない状況である。従って十分なサンプルにて両者から再度検討するとともに、品質の改善策について考察してゆく必要があるのではないかとと思われる。

スタジオ環境とベストプラクティス環境については、後者よりも前者の方が、全体的に陰影がついており立体感を強調した結果となった他は特に差異はなく、それぞれの撮影環境の構築目的に合致した結果となっている。ベストプラクティス撮影環境は、ハイライトや影、更に眼鏡レンズの写り込みなどについても押さえ込むよう考慮されていることから、本報告書における顔認識実験では、差異が見られなかったができる限りの変動要因を抑えているという意味で好ましいと思われる。

表 10 スタンド撮影において想定される課題要素

種別		内容
項目	要因	
撮影環境	カメラと被験者間の距離	カメラとの距離が短い事起因する歪が写りれる人物がいる (歪みが顕著な物とそうでない物が混在)
		カメラとの距離にばらつきがあり、歪に差異が見られる。
	照明強度、照明数など	上からの照射光強度が強く、鼻下、頬、顎回りに影が発生している人物がいる。
		影の発生状況が、スタンド撮影装置毎に異なり、特に顎回りの影に差異が目立つ。
		全体に照明光が行き渡り、影が出ていないものもある。
		眼鏡に照明光の写り込みが発生している人物がいる。
被験者の状態	撮影者の指示	ホワイトバランスが取れていないものがある。
		露出過多気味な物が散見される。逆に、光量不足のものもある。
		正面から多少ずれてしまう人物がいる。
		顎の引き方が人物により異なる。
その他	プリント出力機	視線が上向きな人物がいる。
		人物により表情が異なる(無表情/やや笑顔)。
		紙焼きに不自然な線が入るなど問題が感じられる物がある。

### 6-1-2 ベストプラクティス環境の構築について

本報告書にこれまで述べてきた通り、ベストプラクティス環境で撮影した写真顔画像は、目視用途・自動顔認識用途双方にとって好ましい品質を持つであろうことが分かった。しかし実際の撮影環境の構築には、非常に手間がかかってしまうということも理解できた。特に、眼鏡をかけた被験者に対して、「眼鏡のレンズへの写り込みを無くすこと」、「眼鏡の

フレームで眼が隠れないこと」等の条件を完全に満足させるには微妙な調整が必要となり、汎用の顔撮影装置という意味で構築が非常に難しいことが分かった。

従って高い顔認証精度を確保するためのインフラとして、ベストプラクティス環境を容易に構築するための仕組みの開発が、今後の取組むべき課題の一つとして考えられる。

### 6-1-3 JPEG 圧縮後の顔画像データサイズについて

顔画像の圧縮後品質とそのサイズについては、大きくばらつくことがわかった。Personal ID Documents に搭載する IC チップやインタフェース設計という面からは、できるだけこの変動を抑えることが望ましく、顔画像を所定のデータサイズへと納めるための方策として調査検討した。

一般論として以下の項目が挙げられる。現実のシステムとしては、このうち一つあるいは複数を組み合わせるにより、顔認識精度を落とさずデータサイズを制限するようにしなければならないと考えられ、今後の重要な検討テーマの一つとなるであろう。

- (1) 所定サイズ(例えば e-MRP では 12KB)以上の画像サイズも受容するように IC チップを設計する。
  - 1) 圧縮工程に対し何かしらの工夫をしなければ、最大データサイズの目安は得られない。
  - 2) 容量を増やすことは、チップコスト高へとつながる。
  - 3) 同様に容量が増え、データ伝送に必要な時間が直線的に増大する。
- (2) 顔以外の領域をマスクアウトする。
  - 1) 圧縮効率を良くする、あるいは髪型や服装などのテクスチャを抑えて、データサイズを安定させる補助手段にしかない。
  - 2) 髪型や肩などの領域は、審査官による人物確認処理に重要な情報であると考えられる。
  - 3) リーズナブルなマスクサイズについて、人種やカメラ-顔間の距離設定、顔認識アルゴリズムなどの精細な諸条件の検討が必要である。
  - 4) 顔以外をマスクアウトすることについて、国際的なコンセンサスが得られるかどうかは問題である。ISO/IEC CD 19794-5 では記載されていない。
  - 5) ISO/IEC CD 19794-5 上では、ROI が実装としてほぼ同様のものとなる。しかし JPEG での ROI 実装について、特許面や実用・相互運用面からの検討が必要ではないかと思われる。
  - 6) マスクの有無が混在するような状況が、国際的に許容されるかどうかの課題がある。

- 7) マスクアウトのバリエーションとして、ICAO Biometrics TR version 1.9 にて記載されていた cropped image があるが、ISO/IEC CD19794-5 では削除されている。
- (3) 所定データサイズになるまで品質係数を変化させて圧縮する。
- 1) データサイズの制限が可能な唯一の方法であると思われる。
  - 2) ただし、審査官による評定や、計算機による顔照合精度に影響が出る可能性ある。
- (4) エンコードの前処理としてスムージング処理を行う。
- 1) 圧縮効率を良くするあるいは、安定させるかもしれない補助手段にしかない。
- (5) 顔画像の幾何学的サイズ自体を小さくする。
- 1) 圧縮効率を良くするあるいは、安定させるかもしれない補助手段にしかないが、データサイズを効果的に削減する方法ではある。顔認識精度などに影響がないかの十分な調査検討が必要である。

#### 6-1-4 顔認証実験からの考察

顔認証実験より、その結果から得られた知見を再度まとめる。

- (1) 実際の運用にあたり適切と思われるしきい値( $FAR=0.5\% \cdot 1.0\%$ )では、登録データとして(1)ベストプラクティス環境、(2)スタジオ環境のどちらを用いても、照合精度( $FRR \cdot EER$ )に有意な差は現れなかった。
- (2) JPEG 圧縮の際のパラメータである品質係数については、主観的な画質に大きな影響がある 10 程度以下でなければ、どのような品質係数を取ろうとも照合精度( $FRR \cdot EER$ )に有意な差は現れなかった。
- (3) スタンド撮影においては、サンプル数に限りがあったために統計的に十分な根拠を持って判断することは難しくはあるが、複数の顔認識アルゴリズムにて精度の劣化が観測された。

特に(3)の結果は重要であり、従来のようにスタンド撮影による顔写真をスキャンし、Personal ID Documents へと記録することについては、複数のアルゴリズムで問題が生ずることが予測される。従って今後はサンプル数を増やして統計的な問題を解消するとともに、さらにどの程度重大な影響があるのかを推し量るために正規化しない照合精度を明らかにする必要がある。

スタジオ撮影については、特に影響は見られなかったが、一般的には照合実験よりも識別実験の方がシビアにその影響が観測されると思われるために、この観点からの精査も必要であろう。またベストプラクティス条件を満たす撮影環境は、非常に大がかりでもある

ため、この検討を通じてリーズナブルな撮影環境についての検討が進むのではないかとと思われる。

JPEG 圧縮の品質係数については、主観的に大きな影響がある 10 以下を除くと、どのような値であってもほとんど影響は観測されなかった。よって一般的な顔画像であれば、ICAO Biometrics TR version 1.9 に記載されている 12KB、あるいは ISO/IEC CD 19794-5 に記載されている 9KB のデータサイズでは、照合精度に限れば大きな影響はないと思われる。しかし従来の日本における、旅券などに代表される Personal ID Documents 申請ではどのような品質(テクスチャ)で撮影された顔画像が持ち込まれるかについて、過去の蓄積された顔写真などを十分調査することと、識別実験による実験により影響を検討し、指針を出すことが必要と思われる。

また顔認識精度への影響が観測されたときには、有効にデータサイズを削減しながら顔領域の品質を保つ手法を考えなければならない。本報告書では個別の処理や技術についてまとめたが、実際のシステムへと適用できる、より具体的な手法について検討することも必要であると思われる。

## 7 今後の検討課題とまとめ

本報告書に記載した技術調査や実証実験を通じて、顔認識精度を十分持った Personal ID Documents 発行にあたっての検討課題が明らかとなってきた。それらについて下にまとめる。

- (1) 画像圧縮に関して、画像上の髪型や服装などのテクスチャの過多によりデータサイズがふくらむ可能性がある。よって顔認識精度も評価しながら、適切な画像データサイズにおさめるための手法の検討、あるいは撮影に際しての推奨要件を記した文書発行の検討を進める必要がある。

上記については、十分な数のサンプルによる実験を通じて、様々な組み合わせのサイズを制限する手法を試行して顔認識精度を検証することにより、知見が得られるものと期待できる。

- (2) Personal ID Documents へと格納する顔画像をベストプラクティス条件で撮影することが、顔認識精度を高めることは明らかである。しかしそのためには大がかりな撮影環境が必要であると思われ、現行の Personal ID Documents 申請・発給フローへと組み込むことは困難である。一方でスタジオ撮影した顔画像でも実用的と思われるしきい値設定( $FAR=0.5\% \cdot 1.0\%$ )程度では大きな精度劣化はない可能性もあると思われる。よって顔認識精度の改善が期待できる具体的な撮影環境、あるいは撮



影に際しての推奨要件を記した文書発行などを、サンプル数を増やしたいいくつかの撮影・顔認識実験を通じて検討する必要がある。

- (3) また本人認証を行う審査の場面などにおいてもベストプラクティス条件は、非常に大がかりで非現実的なものであるのに変わりがない。よって、発行系と顔認識運用系双方にてリーズナブルな撮影環境あるいは推奨要件を記した文書の発行などは、両方に大きな利点を生むことが期待できると考えられる。
- (4) スタンド撮影の顔画像情報は、他の良好な条件と比較して顔認識精度が劣化すると推察される。この影響が多大なものであるのか軽微なものであるのかの判断は、Personal ID Documents 申請・発給フローに与えるインパクトは非常に大きいために、十分なサンプル数での実験を通じて品質の適否を明らかにする必要がある。

このスタンド撮影の問題点を明らかにしていくためには、正規化しない照合精度により影響の絶対量を明らかにする必要があり、公平な実験方法も含めて早期に議論を尽くすべき課題である。

最後に非常に重要な課題として下記が挙げられる。

- (5) 加齢変動について、最大 10 年程度見込まれる Personal ID Documents の有効期限内において十分な顔認識精度が保たれるかどうかは非常に重要な課題となる。例えば 5 年程度にて本人審査に適しない程度の精度低下が観測されるのであれば、有効期限の変更などを考慮に入れる必要がある。

本報告書では、バイオメトリクスのうち最も社会への受容性が高いと考えられる顔画像を取り上げ、Personal ID Documents へと適用する際の課題を、机上実験を通じて検討した。

第一回目の検討であり、被験者が 31 名と小規模での評価に留めたために、限定された結果となった部分も多いが、逆に大きな課題が浮き彫りとなることができたと思われる。

今後はサンプル数をもっと大きくし、性別や年齢等の偏りも少なくしての実証実験により、自動での顔照合精度や現場での実運用を考慮した撮影条件の導出を検討したい。

以上