

平成18年度経済産業省基準認証研究開発事業

平成18年度経済産業省 産業技術研究開発委託事業
「バイオメトリクス(指紋)の互換性及び相互運用性に
関する標準化」

Ⅲ章 指紋画像の採取と品質評価方法の開発

報告書

平成19年3月

財団法人 ニューメディア開発協会

目次

1. 調査研究の実施状況	1
1.1. 調査研究の背景・目的	1
1.2. 調査研究の内容	1
1.3. 調査研究のスケジュール	2
1.4. 委員会の体制	3
1.5. 画像品質評価方法調査小委員会の構成	4
2. 調査研究の結果	1
2.1. 指紋画像品質関連の文献調査	2
2.1.1. 2b or not 2b	2
2.1.1.1. 発行元	2
2.1.1.2. 発行の目的	2
2.1.1.3. 発行の時期	2
2.1.1.4. 文献の内容	2
2.1.1.5. まとめ	3
2.1.2. NISTTR 7151	4
2.1.2.1. 発行元	4
2.1.2.2. 発行の目的	4
2.1.2.3. 発行の時期	4
2.1.2.4. 文献の内容	4
2.1.2.5. まとめ	7
2.1.3. NISTTR 7271	8
2.1.3.1. 発行元	8
2.1.3.2. 発行の目的	8
2.1.3.3. 発行の時期	8
2.1.3.4. 文献の内容	8
2.1.3.5. まとめ	10

2.1.4.	ISO/IEC 29794-1,4	11
2.1.4.1.	発行元	11
2.1.4.2.	発行の目的	11
2.1.4.3.	発行の時期	12
2.1.4.4.	文献の内容	12
2.1.4.5.	まとめ	14
2.2.	指紋データ収集	15
2.2.1.	使用した指紋センサ	15
2.2.1.1.	CrossMatch製ACC01394	15
2.2.1.2.	CrossMatch製Verifyer300 LC 2.0	16
2.2.1.3.	NEC製PU800-30	17
2.2.1.4.	三菱電機製DT-TP	18
2.2.2.	指紋データ収集S/W	19
2.2.3.	指紋データ収集の概要	20
2.2.4.	アンケートの内容	21
2.2.5.	アンケートの収集結果	22
2.2.5.1.	年齢別人数	22
2.2.5.2.	男女別人数	23
2.2.5.3.	身長別人数	24
2.2.5.4.	利き手別人数	25
2.2.5.5.	採取経験別人数	26
2.2.5.6.	手作業頻度別人数	27
2.2.5.7.	手作業程度別人数	28
2.3.	指紋画像品質の評価	29
2.3.1.	指紋画像品質評価S/W	29
2.3.2.	指紋画像品質評価の概要	31
2.3.2.1.	年齢別NFIQ平均	31
2.3.2.2.	男女別NFIQ平均	32
2.3.2.3.	身長別NFIQ平均	33
2.3.2.4.	利き手別NFIQ平均	34
2.3.2.5.	採取経験別NFIQ平均	35
2.3.2.6.	手作業頻度別NFIQ平均	36
2.3.2.7.	手作業程度別NFIQ平均	37
2.3.3.	指紋押捺部位と指紋画像品質の関係	38

3. 調査研究のまとめ・今後の課題	40
3.1. 調査研究のまとめ.....	40
3.2. 今後の課題.....	40
4. 報告書付録	40
4.1. NISTTR7151：翻訳.....	40

表目次

表 1	SDKを表す文字と対応するSDKベンダー	7
表 2	1 : 1のFARの区間により定義された困難さのカテゴリ	8
表 3	品質カテゴリの4分類と定義	11
表 4	特性, 忠実度, 有用性の関係	12
表 5	品質値データフィールド	13
表 6	ACCO1394の製品仕様	15
表 7	Verifyer300 LC 2.0の製品仕様	16
表 8	PU800-30の製品仕様	17
表 9	DT-TPの性能仕様	18
表 10	DT-TPの機器仕様	18
表 11	指紋データ収集の概要	20
表 12	年齢別人数	22
表 13	男女別人数	23
表 14	身長別人数	24
表 15	利き手別人数	25
表 16	採取経験別人数	26
表 17	手作業頻度別人数	27
表 18	手作業程度別人数	28
表 19	年齢別NFIQ平均	31
表 20	男女別NFIQ平均	32
表 21	身長別NFIQ平均	33
表 22	利き手別NFIQ平均	34
表 23	採取経験別NFIQ平均	35
表 24	手作業頻度別NFIQ平均	36
表 25	手作業程度別NFIQ平均	37

図目次

図 1	対象者ごとの照合スコアの分布	10
図 2	品質参照モデル	13
図 3	指紋データ収集S/WのGUI画面の例	19
図 4	年代別人数	22
図 5	男女別人数	23
図 6	身長別人数	24
図 7	利き手別人数	25
図 8	採取経験別人数	26
図 9	手作業頻度別人数	27
図 10	手作業程度別人数	28
図 11	NFIQとTARの関係	30
図 12	年齢別NFIQ平均	31
図 13	男女別NFIQ平均	32
図 14	身長別NFIQ平均	33
図 15	利き手別NFIQ平均	34
図 16	採取経験別NFIQ平均	35
図 17	手作業頻度別NFIQ平均	36
図 18	手作業程度別NFIQ平均	37
図 20	回転させての指紋採取	38
図 21	指紋の押捺部位と品質値の関係	38

1. 調査研究の実施状況

1.1. 調査研究の背景・目的

本調査研究では、IC 旅券等で必須となっている顔認証以外に、指紋認証を導入した場合に、どのような課題やどのような効果があるのかを検討・考察する。出入国管理等に指紋認証を導入した場合、実運用時には、異なるベンダーの指紋センサ間での相互運用性が問題となると考えられる。海外での実証実験を見ても、国民全員が利用するという観点から十分な評価が実施されているとはいえない状況にある。そこで、老人等を含めた指紋画像 DB を構築し、それを用いた評価実験を通して、相互運用を前提とした場合の指紋画像品質の仕様、指紋画像採取のガイドライン及び高品質画像の取得方法の調査・検討を実施する。

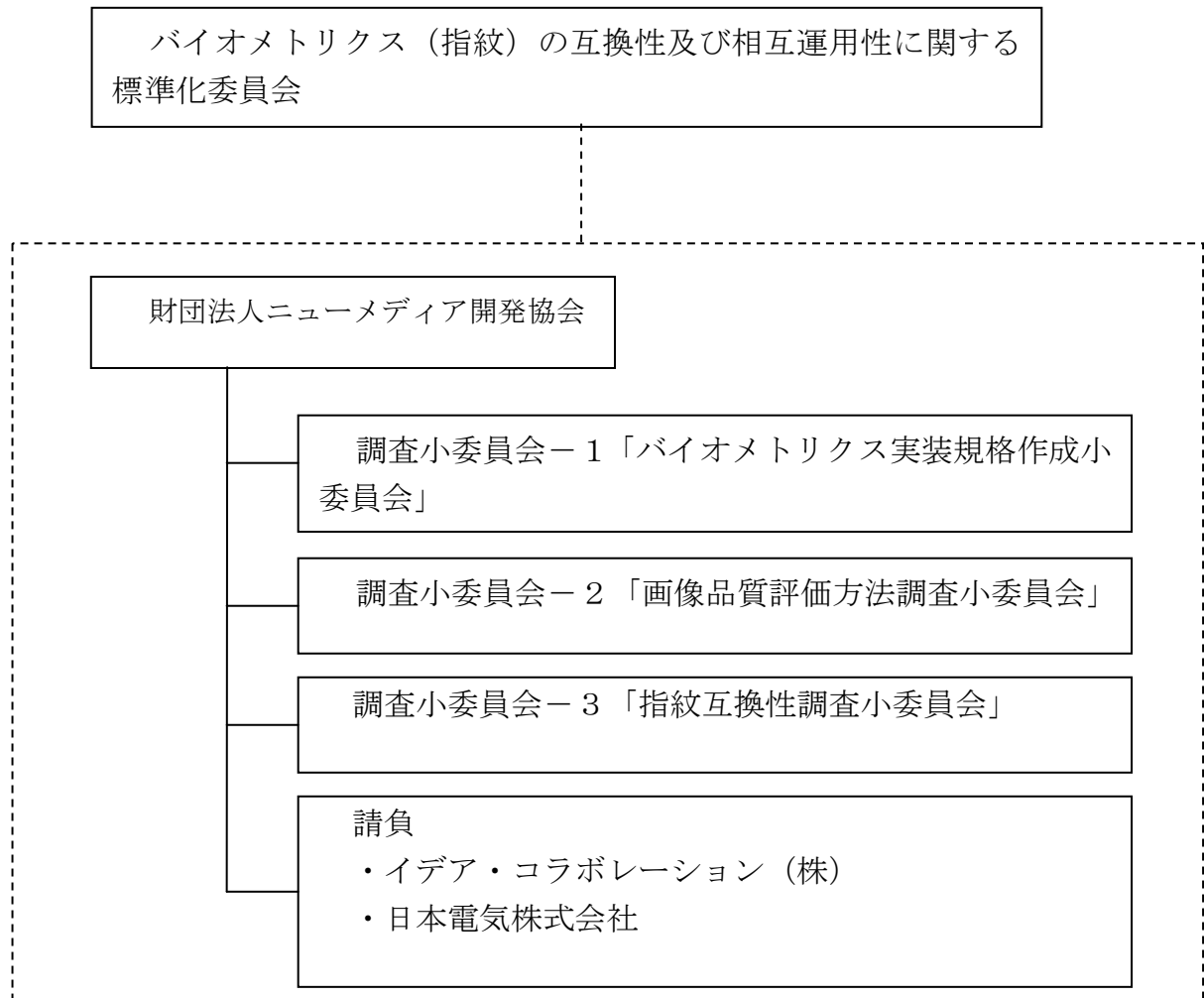
1.2. 調査研究の内容

既に各国で指紋認証を用いた実証実験が始まっているので、実証実験関連の文献調査を実施することにより、実運用において生じると予想される課題や、導入の効果等を把握する。また海外で検討されている指紋画像品質についての文献調査を実施し、相互運用性を確保するための指紋画像品質の仕様や指紋画像採取のガイドラインを把握する。さらに指紋画像品質評価ツールを用いた採取指紋の評価実験を通して、高品質指紋画像を取得するための課題等を検討する。

1.3. 調査研究のスケジュール

実施項目	平成18年									平成19年		
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3
①指紋画像とマニューシャ(特徴点)等実装規格の作成												
②②光学方式及びその他センサ方式による指紋画像の採取と品質評価方法の開発												
③マニューシャ等相互運用性のための認証精度評価方法の開発												

1.4. 委員会の体制



1.5. 画像品質評価方法調査小委員会の構成

役割	氏名	所属	役職
委員長	笹川 耕一	三菱電機株式会社 先端技術総合研究所	プロジェクト マネージャ
委員	春山 智	NTTデータ技術開発本部	シニア エキスパート
委員	磯部 義明	株式会社日立製作所 システム開発研究所	主任研究員
委員	清水 康明	株式会社 ピー・エス・インダストリー	代表取締役
委員	新崎 卓	株式会社富士通研究所	主任研究員
委員	溝口 正典	NEC株式会社 第二官庁システム事業部	バイオメトリクス エキスパート
委員	田子 治生	大日本印刷株式会社 IPS事業部 ICカードソフト開発本部 ICカードソフト開発第1部	
委員	平野 誠治	金融・証券事業本部 企画開発本部 システムソリューション部	課長
オブザーバ	栗田 寛久	セキュアデザイン株式会社 R&Dセンター技術サポート部	SC37WG2 委員
オブザーバ	楨得 菊男	法務省入国管理局 出入国情報管理室	補佐官
オブザーバ	森田 信輝	経済産業省産業技術環境局 情報電気標準化推進室	室長補佐
事務局	林 義昭	(財)ニューメディア開発協会	主任研究員
事務局	滝沢 俊男	(財)ニューメディア開発協会	主任研究員
事務局	岸本 芳典	(財)ニューメディア開発協会	主任研究員

2. 調査研究の結果

2.1. 指紋画像品質関連の文献調査

2.1.1. 2b or not 2b

2.1.1.1. 発行元

Ministry of the Interior and Kingdom Relation (オランダ内務省)

2.1.1.2. 発行の目的

旅券証書にバイオメトリクスが含まれるようになった場合、申請や発行プロセスは、どのように組織化されなければならないか、また旅券証書におけるバイオメトリクス（顔スキャンと指紋スキャン）が正しく照合されるかどうかを調べることを目的とする。

2.1.1.3. 発行の時期

2005年

2.1.1.4. 文献の内容

オランダ旅券証書におけるバイオメトリクス識別子の導入のための準備において、試行実験が、“2b or not 2b”の名のもとに、内務省によって行われた。試行実験は、以下の3つである。

(1) 申請と発行プロセスを実行し、バイオメトリクス識別子を照合するための地方自治体での試行実験

バイオメトリクス試行実験は、2004年の8月30日から始まり、2005年の2月28日に終わった。6箇所の地方自治体（Almere, Apeldoorn, Eindhoven, Groningen, Rotterdam, Utrecht）が参加した。14700人が、地方自治体の試行実験に参加した。全体で、14735の申請が実施された。14504の証書が個人用に作成され、地方自治体に提供された。記録された3つのバイオメトリクス識別子（顔と2つの指紋）の少なくとも1つで照合された99.2%の試験証書は、照合に成功した。記録されたバイオメトリクス識別子は、93.6%のケースで照合に成功した。4.3%のケースで、1つの指紋は照合された。（4.1%は、顔を含む場合で、0.2%は顔を含まない場合）2.9%のケースで、顔の照合は成功したが、指紋の照合は全く成功しなかった。2.2%のケースで顔の照合は成功しなかった。試行実験の結果、顔スキャンはほとんど全てのケース(98.4%)で成功であった。指紋の品質に対する基準と指紋の品質しきい値は、役に立つツールであること

がわかった。それらを適用することによって、発行に関して、もっと照合が成功しやすくなったし、旅券証書の中に含まれる指紋品質も一定であることが確かめられた。

(2) バイオメトリクス試験証書に基づいて、頻繁な照合の効果を確認するための、**Schiphol** 空港での試行実験

Schiphol 空港での試行実験において、**232** の試験証書による **7663** 回の照合が、**2004** 年 **9** 月から **2005** 年の **1** 月末の期間に実施された。同じ試験証書は、地方自治体での試行実験における照合にも使われた。**193** 人の空港スタッフも、空港建物の従業員入り口での入退室管理用に、内務省で開発された試験証書を使用した。その目的は、試行実験の期間内に、**10000** 照合を実行することにあつた。比較的大規模な照合が行われたので、**Schiphol** 空港での試行実験では、試験証書がどのようにロバストだったかを示す結果となった。これを確かめるために、試験証書は分析され、それらの **83%** から、ポリカーボンの上位層に非常に細かい裂け目が発見された。この原因の調査によれば、試験証書の材質に生じる機械的ストレスによるものであることがわかった。

(3) **14** 歳以下の子供から記録するバイオメトリクス識別子を得ることができかどうかを調べるための (**TNO** : オランダ応用科学研究機構によって実行された) 試行実験

内務省から指揮された検討に基づいて、**TNO** は、**4** 歳以下の子供から指紋を採取するには、実質的に不可能であると結論付けた。**3** 歳か **4** 歳の子供から **1** つの指紋を採取することは、可能であったが、これは、一般に親指の指紋であり、多分、他の指より、表面積が大きいためである。子供のライブ顔スキャンは、ほとんどの場合成功する。成功しないのは、子供が泣いたり、せかせかしたりして、十分長い間、カメラのほうをまっすぐ向かせることができないためである。もう **1** つの理由は、カメラが比較的遅いシャッタースピードを持つため、子供がじっと座っていられず、画像のフォーカスはずれを生じ、それゆえ、使えないものになるためである。

2.1.1.5. まとめ

指紋認証において高品質な指紋画像を取得するためには、画像品質評価ツールの導入し、画像品質が一定のしきい値以上のものだけを登録することによって、照合が成功しやすくなることが示されている。また小さな子供から、高品質な指紋画像を取得するのは、実際的には難しく、可能なのは、表面積の大きい親指の指紋だけである。

2.1.2. NISTTR 7151

2.1.2.1. 発行元

NIST（米国商務省標準技術局）

2.1.2.2. 発行の目的

押捺指紋の品質の新しい定義を提案し、指紋の画像品質を測定するための詳細なアルゴリズムを示す。

2.1.2.3. 発行の時期

2004年8月19日

2.1.2.4. 文献の内容

（1）指紋画像品質の定義

特徴点に基づく自動指紋照合アルゴリズムでは、2つの指紋の局所的な隆線の特性（特徴点）を比較する関数を使って実数値の類似度得点が生成される。同一人物の比較の類似度得点を「一致得点」と呼び、異なる人物の比較の類似度得点を「不一致得点」と呼ぶ。ここでは、指紋画像品質を、照合プログラムの性能を予測する目安であると定義する。類似度得点は、予測される照合性能の最終的な表現である。これにより、裏付けとなる一致と不一致の分布とともに、サンプルが同一人物または異なる人物から採取された可能性が示される。一致と不一致の分布は、複雑な非線形アルゴリズムの結果であり、通常はランダムではなく、内部的なアルゴリズムやパラメータの設定方法に強く依存している。

許容される品質レベルの分割数 K は、粗さのパラメータであり、品質値とは相殺関係にある。たとえば、高/低レベル ($K=2$) は前述のような K が無限に大きくなる連続的な場合より容易に実現できる。ここでは、 $K=5$ とする。つまり、品質のレベルを不可 (5)、可 (4)、良 (3)、優 (2)、秀 (1) の5種類とする。画像品質を5レベルに分けるのは、1つの妥協案である。NISTの研究によれば、画像品質に非常に敏感な照合プログラムを完全に特徴付けるには8~10レベルが必要である。画像品質にあまり敏感でない照合プログラムであれば、画像品質を3レベルに分けても十分に特徴付けることができるだろう。ここでは、品質が中~高レベルの照合プログラムにとって適切な5レベルを選択した。

（2）指紋画像品質の測定

(2-1) 特徴抽出

一般に使用されている指紋照合アルゴリズムは、凹凸の明瞭度、特徴点の数と品質の測定基準、および画像のサイズに敏感であることが知られている。ここでは、**NIST Fingerprint Image Software (NFIS)** パッケージを使って特徴を抽出した。**NFIS** の **MINDTCT** パッケージは、指紋画像を受け入れ、特徴点を自動的に検出する指紋特徴点検出アルゴリズムを備えている。また、特徴点の品質を評価し、画像品質マップを生成する。**NFIS** は、指紋画像を局所的に分析するため、画像を格子状のブロックに分割する。また、各ブロックの品質を評価するため、複数のマップ（方向マップ、低コントラストマップ、低フローマップ、および高曲率マップ）を計算し、その結果を品質マップに要約する。ブロック内のすべてのピクセルに同じ結果が割り当てられる。

(2-2) 特徴点品質の評価

NFISは、検出された個々の特徴点に対応する品質（信頼性）を計算する。検出された個々の特徴点に対する品質測定基準は、2つの要素を組み合わせで生成される。1つは、前述の品質マップ内の特徴点の場所から直接取得される。もう1つは、特徴点の周辺を範囲とするサンプルのピクセル強度統計値（平均および標準偏差）に基づいている。

(2-3) 特徴ベクトル

NFISの品質マップと特徴点の品質評価を使用して、特徴ベクトルを定義した。このため、**NFIS**の**MINDTCT**を使って、個々の指紋について11次元の特徴ベクトルを計算する。

NFISによって生成された品質測定基準が（使われている特徴抽出方法がまったく異なる）商用の指紋照合システムの性能を予測できるという観察結果は、きわめて重要である。これは、**NFIS**によって生成され、一般に公開されている特徴に基づく画像品質の測定基準を使って、1つの商用システムの照合性能を予測できることを示している。

要するに、単独で正規化一致得点を予測するのに必要な相関係数が得られるような特徴は存在しない。しかし、これらの特徴の線形または非線形の結合により、正規化一致得点を予測できるという強力な証拠が存在する。

(3) 指紋画像品質の評価

品質測定基準の望ましい特徴は、ほかの照合プログラムやほかのデータセットに、いかに問題なく一般化できるかである。このシステムがほかの照合プログラムにいかに問題なく一般化できるかを調べるため、すべてのデータセットに

対してここで提案している指紋画像測定基準をテストした。すべてのベンダー（14ベンダー）とすべてのデータセット（20データセット）の結果（合計208個のROC）が示されている。これらのROCは、この指紋品質測定基準が何の問題もなくほかの照合プログラムやほかのデータセットに一般化できることを示している。

各ROCのあとに、同じ動作基点（つまり固定されたしきい値）による各品質の（他人受入率、本人受入率）ペアの表とグラフを示す。品質1（秀）および品質2（優）のプロブセットの照合性能がデータセット全体より高いことを意味する。品質3、4、5（良、可、不可）の他人受入率と本人受入率は、データセット全体より本人受入率が低く、他人受入率が高いことを示している。

品質が低いほど、すべての照合プログラムで本人受入率は下がる。ベンダーF、C、G、J、およびIはこのような性質（品質が低いほど本人受入率が下がり、他人受入率が上がる）がみられる。ベンダーA、B、N、およびVTBでは、品質が低いほど他人受入率は下がる。ベンダーD、E、H、K、およびLでは、品質の違いによる他人受入率のパターンはない。品質が低いほど他人受入率が上がることは、品質の低い指紋画像の脆弱性を示している。

ベンダー照合プログラムの性能の、画像品質に対する感度には興味深い傾向がいくつかある。品質レベル1のデータですべてのベンダーを調べると、本人受入率が99.6%を超えるベンダーはごく一部である。

同時に、この動作しきい値での各ベンダーの他人受入率は、ベンダーNの2.8%からベンダーIの0.02%までの範囲にある。これは、SDKテストでの精度の順位が比較的低いシステムでは、システムの他人受入率と本人受入率が相関しにくいことを示している。

品質1の指紋に関するベンダーの他人受入率が0.1%未満であれば、ほとんどの場合、そのベンダーは品質1、2、および3の指紋に対して同じような反応を示す。このことから、精度が非常に高いシステムの性能を完全に特徴付けるのに必要な画像品質のレベル分割数は5未満であることがわかる。

表1 SDKを表す文字と対応するSDKベンダー

SDKを表す文字	ベンダー名
A	非公開
B	非公開
C	NEC
D	Cogent Systems, Inc.
E	非公開
F	Cogent Systems, Inc.
G	SAGEM Morpho, Inc.
H	NEC
I	Cogent Systems, Inc.
J	SAGEM Morpho, Inc.
K	Neurotechnologija Ltd.
L	非公開
VTB	NIST

2.1.2.5. まとめ

各ベンダーが提供する照合SDKを用いて、各種指紋画像DBによる照合実験を実施し、画像品質別に照合性能（他人受入率・本人受入率）を評価した結果、品質評価値が1（秀）、2（優）、3（良）であれば、照合性能が良いSDKが多いことがわかる。また単独で照合性能を予測するのに必要な相関係数が得られる特徴量は存在しないが、これらの特徴量の線形または非線形結合により、照合性能を予測可能である。

2.1.3. NISTTR 7271

2.1.3.1. 発行元

NIST（米国商務省標準技術局）

2.1.3.2. 発行の目的

ゴートとして知られる照合困難な指紋の持ち主は、従来の調査では2～3%程度存在すると言われているが、実際に照合が難しい人のパーセンテージと一致しないことを、US-VISITの指紋DBを用いた評価実験の結果で示す。

2.1.3.3. 発行の時期

2005年9月

2.1.3.4. 文献の内容

(1) 実験データ

US-VISITにより、2004年1月から7月の間に集められた指紋データから、10回以上の指紋が登録された6,000人分の指紋データから、両手人差し指10回分を評価データとして選択し、実験に利用した。

(2) 品質の定義

照合の困難さはアプリケーションによって設定される判定しきい値に依存する。本文献では、次表のように照合の困難さのカテゴリを定義している。

表 2 1 : 1 の FAR の区間により定義された困難さのカテゴリ

FAR 区間による各しきい値	この文献で使われたカテゴリ
FAR=100%	使えない (Unusable)
100% > FAR ≥ 1%	照合困難 (Hard to match)
1% > FAR ≥ 0.0001%	議論の余地のある範囲 (Debatable)
FAR < 0.0001%	照合簡単 (Easy to match)

この困難さの定義に基づき、対象者の指の品質については、次のように定義される。

いつも (**always**) 照合困難／簡単な指：すべての組み合わせの照合において最大のスコアが、照合困難／簡単なしきい値より悪い／良い。

たいてい (**usually**) 照合困難／簡単な指：すべての照合組み合わせにおいてメディアン（分布の中央）照合値が、照合困難／簡単なしきい値より悪い／良い。

(3) 実験結果

NIST-SDK の中から精度の高い2つの照合器を利用して、実験を行った結果、以下のような結果を得た。

- **6,000** 人の対象者のうち、常に照合困難な両指を持つ人はいなかった。
- **0.05%**未満の対象者は、照合困難な場合が多くを占める指を持った。
- たかだか **0.2%**の対象者しか、**4** 回に **1** 回の割合以上で、照合困難になる指を持つ人はいなかった。
- **77%～81%**の人が、すべての指紋の比較において、**FAR=0.0001%**のしきい値より良い照合スコアを出力した。
- **98%**もの対象者が、**3/4**の指紋比較で照合簡単の結果を出した。
- **99.5%**もの対象者が、すべての指紋比較のうち、照合簡単が多数を占めた。
- **6,000** 対象者のすべての人は、どちらか一方の指紋比較で照合簡単を出力した。

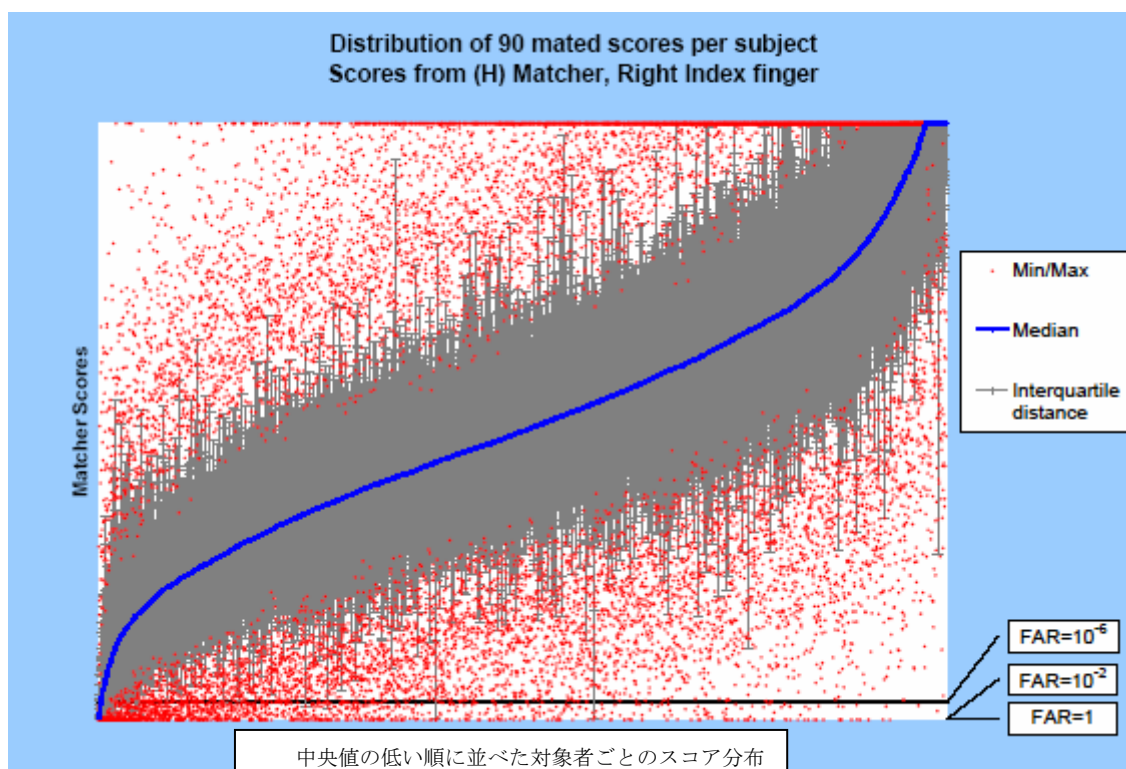


図 1 対象者ごとの照合スコアの分布

(青線：中央スコア、灰色線：25%と45%のスコア、赤点：最大値と最小値)

また、品質評価値 (NFIQ) で品質が悪く評価 (NFIQ=4,5) される指紋画像が収集された割合は、右人差し指：2.8%、左人差し指：3.0%であった。10回すべてにおいて悪い指紋画像が収集された割合は、0.1%であった。NFIQ と照合の困難さの相関については、言及されていない。

2.1.3.5. まとめ

本文献では、照合の対象となる人物の指の照合の困難さを照合値により分類し、照合の困難な指や対象者の割合を評価している。ここで定義された照合困難の割合はユニバーサルなサービス提供を行う場合の評価指標として有効と思われる。

しかし、本文献の実験では、半年間の間に10回以上の入国が記録されるフライトクルーやビジネスマンを対象にした実験であるため、本実験の結果である「多くの場合に照合困難な指を持つ人の割合は0.05%未満」という結果を参照できるアプリケーションは、SPTカードなどに限定されると考えられる。本文献中にも注意書きされているが、お年寄りや肉体労働者を利用者によく含む場合には、同じ結果とならないことが予想されるため、注意が必要である。

2.1.4. ISO/IEC 29794-1,4

2.1.4.1. 発行元

ISO/IEC WD 29794-1 は ISO/IEC JTC 1 SC37 にて策定中のバイオメトリックサンプル品質のフレームワークに関する規格である。調査対象とした文献のうち ISO/IEC WD 29794-1 は 3rdWD として 2007 年 2 月 8 日に JTC 1 の Web サイトにアップされたものである。また、ISO/IEC WD 29794-4 も同様に 3rdWD として 2007 年 2 月 8 日に JTC 1 の Web サイトにアップされたものである。

2.1.4.2. 発行の目的

バイオメトリック交換データフォーマットを規定する ISO/IEC 19794 シリーズとして、指紋特徴データ、指紋スペクトラルパターン、指紋画像、顔画像、虹彩画像、指紋スケルタルパターンの規格が IS として発行されている。これらの交換フォーマットでは 1 バイト（顔画像は 2 バイト）の品質値を記述する領域が定義されている。

BioAPI では、バイオメトリックサンプルの品質値を 1 から 100 までの値で定義し、1 を最低品質、100 を最高品質として定義している。また、品質の高い方から Excellent(76-100)、Adequate (51-75)、Marginal(26-50)、Unacceptable(1-25) として品質を 4 つのカテゴリに分けている。しかしながら、1 バイトの品質値を算出するための方法については、記述されていなかった。

表 3 品質カテゴリの 4 分類と定義

Quality Category	Definition
Excellent (76-100)	The sample will result in good authentication performance in all application environments.
Adequate (51-75)	The sample will result in good authentication performance in most application environments. For demanding applications, it may be necessary to obtain a higher quality sample.
Marginal (26-50)	The sample may result in poor authentication performance. If possible, replace the sample
Unacceptable (1-25)	The sample cannot be used for proper authentication.

この問題を解決するため、バイオメトリックサンプル品質についての議論を行うラポータ・グループが立ち上げられ、バイオメトリックサンプル品質の取り扱いに関する議論がなされた。現段階では品質値を算出するアルゴリズムを 1 つにまとめるのは困難であるとの検討結果を受けて、新たにバイオメトリックサンプル品質値を取り扱うための枠組みを規定するためのプロジェクトが立ち上がった。これが 29794 シリーズである。

29794-1 ではフレームワークを定義し、29794-4 では指紋画像の品質に関わる部分を定義する。当初は、29794-1 と 29794-4 共に IS 化を目指していたが、2007年1月の SC37 ウェリントン会議において、29794-4 は TR を目指して進められることに決まった。

2.1.4.3. 発行の時期

2007年2月8日

2.1.4.4. 文献の内容

29794-1 ではバイOMETリックサンプル品質を特性 (Character) と忠実度 (Fidelity) の物差しを使って有用性(Utility)を定義している。特性が良好で忠実度が高いほど有用性が高い定義し、有用性はパフォーマンスをより近しく示すものと記載されている。

表 4 特性、忠実度、有用性の関係

		Fidelity	
		Low	High
Character	Low	Low fidelity and low character results in low utility. Recapture might improve utility. However, if possible use of another biometric is recommended.	High fidelity and low character results in low utility. Recapture will not improve utility. Use of another biometric is recommended.
	High	Samples with high character and low fidelity typically will not demonstrate high utility. Utility can be improved upon recapture or image enhancement techniques.	Samples with high character and high fidelity indicate capture of useful sample. High utility is expected.

29794-1 では、得られた品質から、予測された他人受入率 (psFAR) や予測された本人拒否率(psFRR)を算出してシステムに活用する品質参照モデルが示されている。

Figure 2. Quality Reference Model Illustration

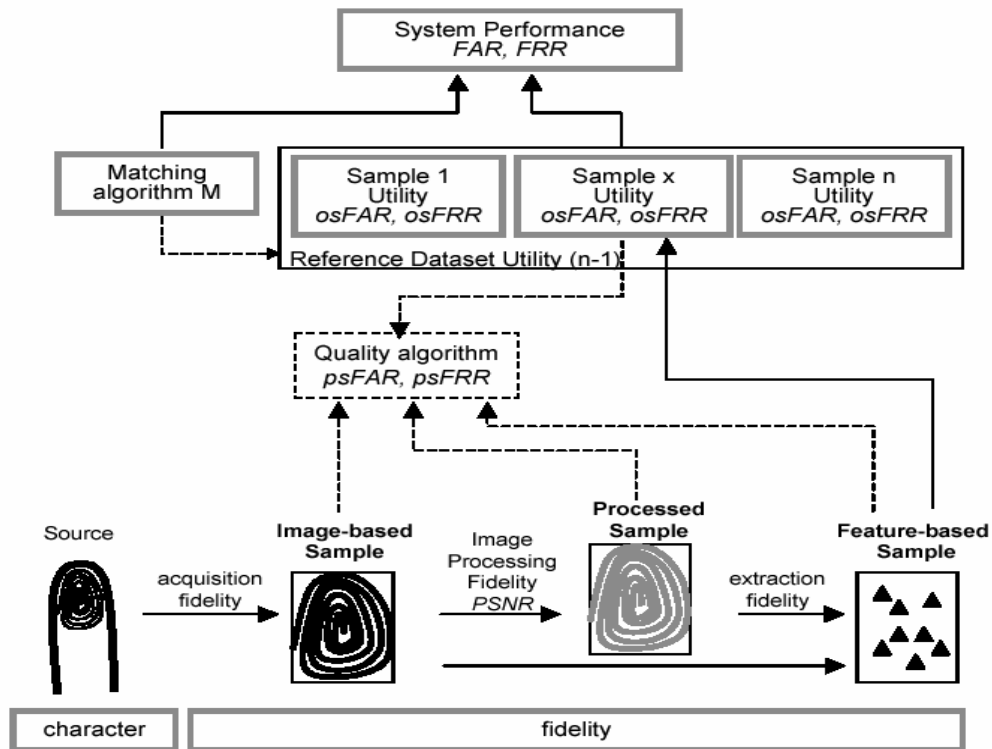


図 2 品質参照モデル

29794-1 では、複数の品質値算出アルゴリズムに対応するため、Quality Algorithm Vendor ID という考え方が導入されている。品質値と一緒に品質値算出アルゴリズムのベンダ ID やアルゴリズム ID を記述することで、品質値がどのアルゴリズムによって算出されたかを知ることが出来る。

表 5 品質値データフィールド

description	Size	valid values	Note
Quality Score	1 byte	[0,100] 254,255	0: lowest 100: highest 254: no attempt made 255: failed attempt
Quality Algorithm Vendor ID	2 bytes	“0” if Quality Score = 254 [1,65535] otherwise	1st two bytes are vendorID registered by IBIA and the other two bytes are algorithm ID provided by the vendor (optionally registered with IBIA).
	2 bytes	“0” if Quality Score = 254 [1,65535] otherwise	

各々の品質値算出アルゴリズムからの算出値の互換を高める手法として、**Quality Score Normalisation Dataset (QSND)**を用いる方法が記載されている。

TRとして進められている**29794-4**では、指紋画像の欠陥要因、指紋画像品質のための標準化アプローチ、指紋画像の品質値の標準化のためのコーパスの保守方法について記載されているが、現状では上記3つに関する記載は1ページにしか満たない状況であり、品質規格策定の難しさを示している。**Annex A**に参考情報として指紋画像品質分析の情報が記載されている。

2.1.4.5. まとめ

29794-1では、バイオメトリックサンプル品質を扱うためのより現実的な枠組みが検討されてはいるが、あくまでも枠組みを決めた段階である。算出方法についてはベンダー間の思惑もあり、すぐには決まらないであろう。また、特定の照合方式に因らない、複数の照合アルゴリズムでも交換可能な品質値を定義することは、かなりの困難が伴うと考えられる。

実際の運用でバイオメトリックサンプル品質を取り扱うためには幾つかの課題を解決する必要がある。例えば、複数の品質値算出アルゴリズム間で品質値の物差し合わせを行うための**Quality Score Normalisation Dataset (QSND)**の構築や管理の具体的な方法である。指紋画像品質を扱う**29794-4**においても、様々な品質の指紋を網羅するための**Quality Score Normalization (QSN) corpus**の構築と管理の具体的な方法は課題である。なおデファクトを狙うものとして**NIST**の**NFIQ**がある。**29794-1**でも5段階の品質値を持つ**NFIQ**を意識して、5段階以上で品質値を扱うことが定義されている。

また、**29794-4**においては、指紋画像品質のための標準化アプローチ、指紋画像の品質値の標準化の記載の充実が望まれる。また、指紋画像コーパス、**Quality Score Normalization (QSN) corpus**は、指紋スキャナ（センサ）の方式によって個別に用意する必要があると考えられるため、実現可能性についての視点からもさらなる検討が必要であると考えられる。

2.2. 指紋データ収集

2.2.1. 使用した指紋センサ

使用したセンサは以下の4種類である。

2.2.1.1. CrossMatch製ACC01394

表 6 ACC01394 の製品仕様

Scanner functions	Scanned fingers types	Single flat fingers Single rolled fingers
	Fingerprint capture format	30mm x 30mm
	Scanner interface	IEEE 1394
	Scanner resolution	500 ppi
	Scanner image size (H x V)	600 x 600 pixel
Scanner Dimensions	Scanner size (H x W x D)	80 x 60 x 160 mm
	Scanner weight	0.83 kg
Operation & Environmental Conditions	Operating Environment	Indoor, on table top
	Operating Conditions	15-35°C 10-80% humidity

2.2.1.2. CrossMatch 製 Verifier300 LC 2.0

表 7 Verifier300 LC 2.0 の製品仕様

Resolution	500DPI \pm 1%
Modulation Transfer Function	50% at 10 cycles per millimeter at finger platen
Linearity and Rectilinearity	Less than 1 pixel (average)
Illumination Uniformity	Less than 50% variation center to corners
Platen Size	30.5mm x 30.5mm
Output(Digital)	USB 2.0
Power(Digital)	5V DC (supplied by PC)
Temperature Range	-18°C-40°C
Humidity Range	10-90% non-condensing, splash-resistant
Weight	0.45kg
Dimensions(H x L x W)	62mm x 162mm x 83mm

2.2.1.3. NEC 製 PU800-30

表 8 PU800-30 の製品仕様

照合	精度	他人許容率=0.00001%以下
	照合時間 (ユニット内照合)	0.003 秒/指
登録	登録指数 (ユニット内)	200 指
	指紋データサイズ	平均 600 バイト
センサ	画像センサ	指内散乱光直接読み取り方式
	センサエリア	18mm x 15mm
	密度	800dpi
	インターフェース	USB Rev. 1.1
	電源	USB より供給
	消費電力	2.5W 以下
	温・湿度条件	10-35°C 20-80%
	外形寸法	75(W) x 75(D) x 25(H)
	質量	75g 以下

2.2.1.4. 三菱電機製 DT-TP

表 9 DT-TP の性能仕様

認証性能			
登録指数	1000 指		
認証モード	ID モード	グループモード	オートモード
ID 番号/グループ番号	最大 7 桁	最大 9 グループ	
1:N 照合対数指数		200 指/グループ	400 指
認証精度	他人受入率	0.0001%以下	0.1%以下
	本人拒否率	0.01%以下	0.1%以下
照合時間	平均 1.2 秒		
対応率	99%以上		
偽指防止機能	有		

表 10 DT-TP の機器仕様

機器仕様	
センサー部	指内部特性検出型光学センサー
指置き形状	指の第 1 関節部と、指先部の 1 点ないしは 2 点支持
上位 I/F	USB 1.1 (または RS-232C)
外形寸法	45mm(幅)×94mm(高)×90mm(奥)
質量	約 140g (本体)
電源	DC5V 最大 5W
動作環境	温度： 0～40℃ 湿度： 85%RH 以下 照度： 5000 ルクス以下

2.2.2. 指紋データ収集 S/W

指紋画像の収集には、各社が提供する指紋データ収集 S/W を用いた。指紋データ収集 S/W の GUI 画面の一例を以下に示す。ID 番号を入力後、右手の人差し指、中指、薬指、左手の人差し指、中指、薬指の順番に、各指 3 回ずつ指紋データを取得し、画像データファイルとして記録する。



図 3 指紋データ収集 S/W の GUI 画面の例

2.2.3. 指紋データ収集の概要

1 回目に実施した、指紋データ収集の概要を以下に示す。

表 11 指紋データ収集の概要

収集期間	12月11日(月) - 12月22日(金)
収集場所	NMDA 会議室 (出張収集も含む)
使用したセンサ	4種類 (CrossMatch 製2種, NEC 製, 三菱電機製)
収集人数	331人
収集した人の職業	会社員, 主婦, 学生他
収集指紋	1人あたり6指, 3回取得
収集時の指導	各社収集 S/W の GUI 表示及びオペレータによる指導

2.2.4. アンケートの内容

指紋データ収集と同時に実施したアンケートの内容を以下に示す。

- ・ A. 満年齢： _____ 才
- ・ B. 性別（該当に○印）： 1. 男性 2. 女性 3. 不問（希望者）
- ・ C. 身長： _____ c m
- ・ D. 利き手（該当に○印）： 1. 右手 2. 左手 3. 両手
- ・ E. 採取経験（該当に○印）： 1. なし 2. あり 3. おぼえていない
- ・ F. 職業： _____
- ・ G. 手作業の頻度 <水仕事，液薬品取扱，楽器演奏など指を酷使する作業>（該当に○印）
 - 1. 日常生活程度 2. 週1日以下 3. 週2～4日程度
 - 4. ほぼ毎日 5. 不定期
- ・ H. 手作業の程度 <酷使：手荒，まめ，火傷，切傷などができるような作業>（該当に○印）
 - 1. 日常生活程度（酷使ではない。） 2. 酷使する 3. いずれでもない
- ・ I. 具体的作業名（以下の例にとらわれずにどのような職業でどのような作業で指を使うか）

例）乳幼児の世話，洗髪（理容師，美容師など），洗浄（鮮魚店，青果店，生花店），土木作業，農作業（器具，油など），家畜の世話，調理（肉屋，惣菜店など常に高温の油鍋を扱うなど），ギター・ベース演奏，スポーツ（バット，ラケットを扱う，バレーボールなど）

- ・ J. その他（なんでも感じられたことを自由にご記入下さい）

2.2.5. アンケートの収集結果

アンケートの集計結果を以下に示す。

2.2.5.1. 年齢別人数

年齢別の人数を以下に示す。

表 12 年齢別人数

年齢	人数
10-19	1
20-29	66
30-39	82
40-49	60
50-59	61
60-69	36
70-79	21
80-89	1

年齢別人数

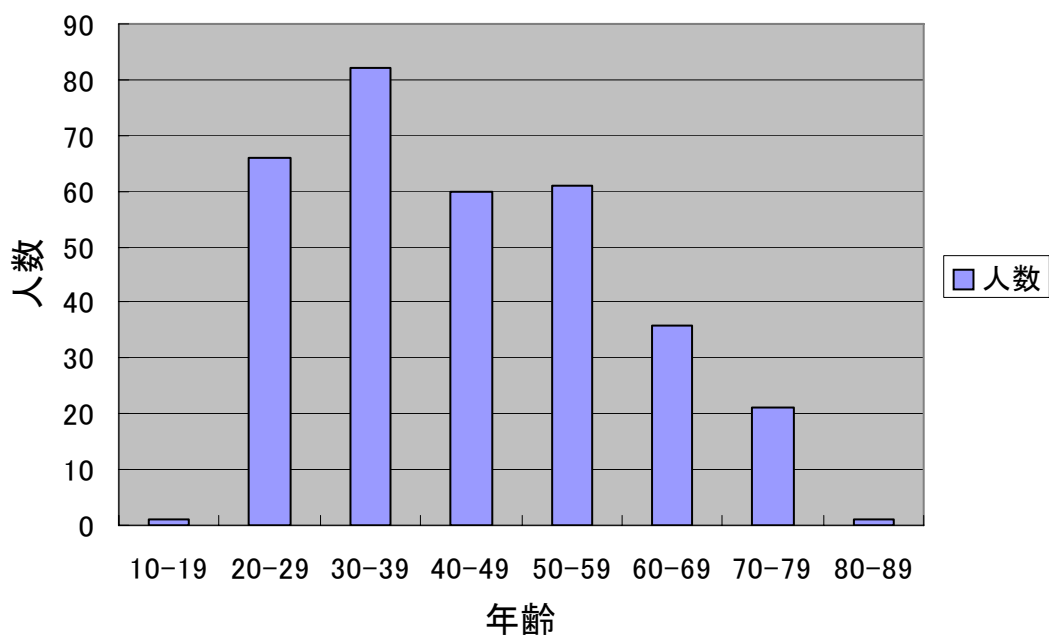


図 4 年代別人数

2.2.5.2. 男女別人数

男女別の人数を以下に示す。

表 13 男女別人数

性別	人数
男	268
女	61

男女別人数

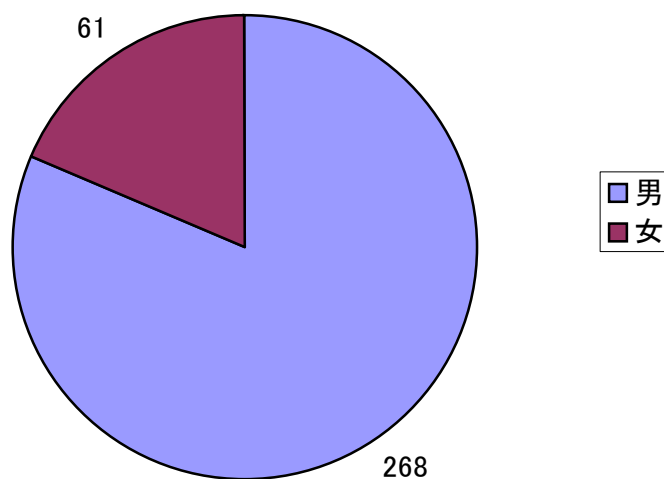


図 5 男女別人数

2.2.5.3. 身長別人数

身長別の人数を以下に示す。

表 14 身長別人数

身長	人数
140-149	2
150-159	31
160-169	144
170-179	129
180-189	23

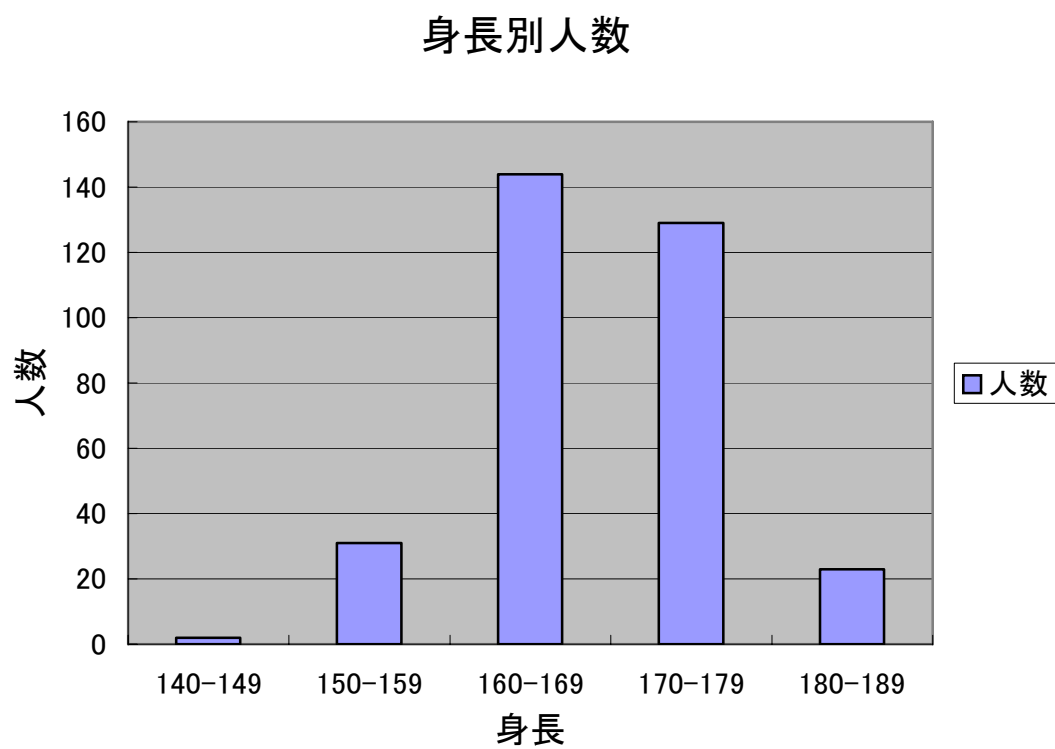


図 6 身長別人数

2.2.5.4. 利き手別人数

利き手別の人数を以下に示す。

表 15 利き手別人数

利き手	人数
右手	301
左手	27
両手	2

利き手別人数

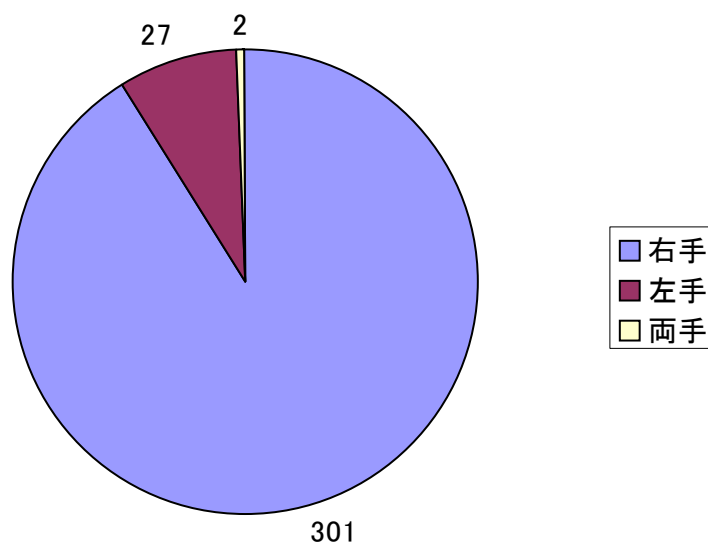


図 7 利き手別人数

2.2.5.5. 採取経験別人数

採取経験別の人数を以下に示す。

表 16 採取経験別人数

採取経験	人数
無し	199
あり	120
覚えていない	10

採取経験別人数

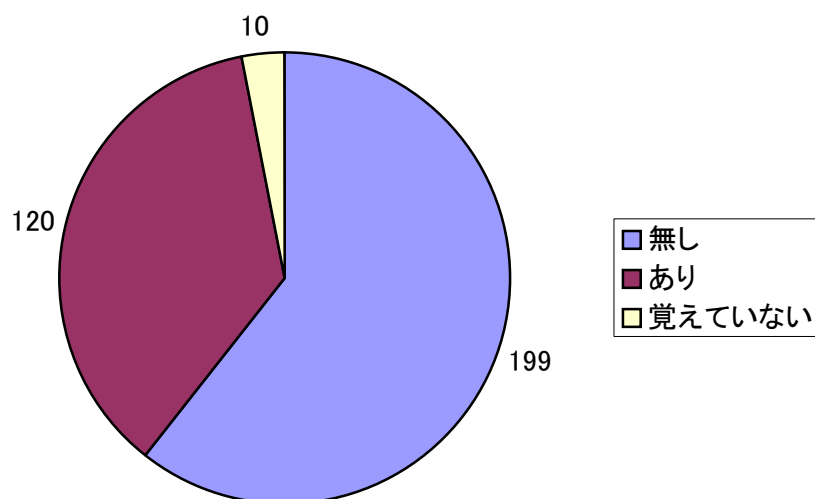


図 8 採取経験別人数

2.2.5.6. 手作業頻度別人数

手作業頻度別の人数を以下に示す。

表 17 手作業頻度別人数

手作業頻度	人数
日常生活程度	249
週1日以下	22
週2-4日程度	12
ほぼ毎日	31
不定期	15

手作業頻度別人数

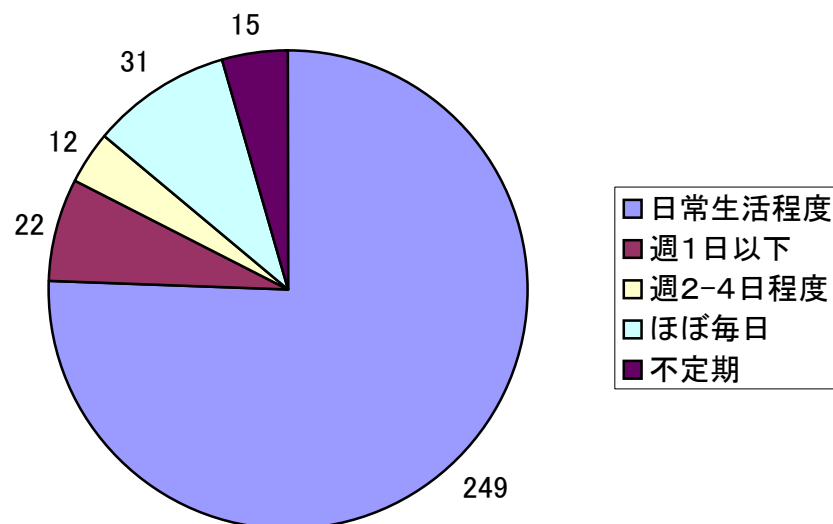


図 9 手作業頻度別人数

2.2.5.7. 手作業程度別人数

手作業程度別の人数を以下に示す。

表 18 手作業程度別人数

手作業程度	人数
日常生活程度	299
酷使する	6
いずれでもない	25

手作業程度別人数

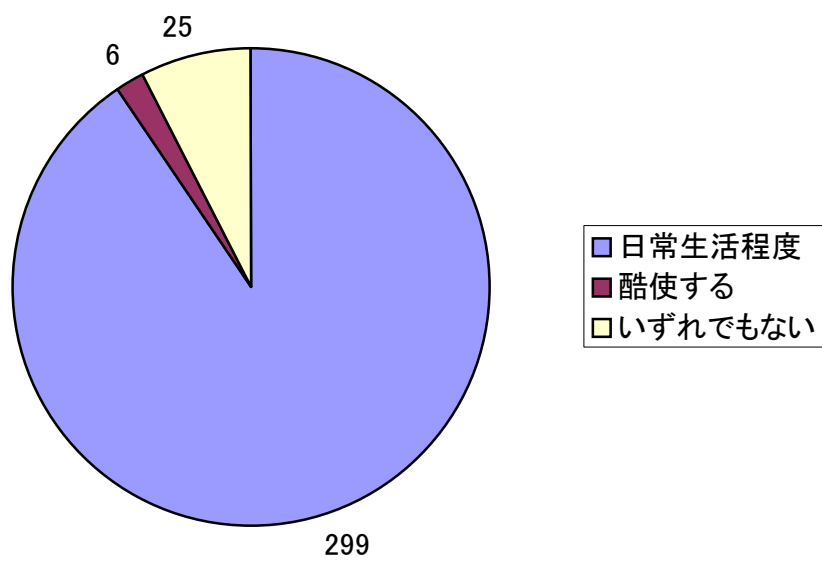


図 10 手作業程度別人数

2.3. 指紋画像品質の評価

2.3.1. 指紋画像品質評価 S/W

NIST が作成して配布している指紋画像品質評価 S/W が NFIQ S/W である。現在は NIST が配布している NFIS2 という指紋照合関連 S/W のパッケージに含まれており、さらに PIV で正式採用されてから、“NFIQ Compliance document” や “Test Suite Tar file for NFIQ compliance” などが NIST の WEB サイトからダウンロードできるようになっている。

NFIQ S/W の文献としては IR 7151 が指定されているが、そこには NFIQ という用語は出ていない。NFIS2 の CDROM (NMDA が NIST より入手済み) に含まれているソースコードを、cygwin を導入してコンパイルを行い、実行形式ファイルを作成して調査した。関数マニュアルは NFIS2 に付属している文書がある。今回の調査では機能面に着目しているため NFIQ Compliance Testing や Test Suite などの Compliance 関連は調査対象とはしなかった。

NFIQ S/W は ANSI/NIST 形式、WSQ 形式、JPEG 形式などの画像を入力することができ、出力は5段階で、1が最高品質(秀)、5が最低品質(不可)となっている。ところが INCITS381 や ISO/IEC19794-4 などでは画像品質を100段階表現で、最高値100、最低値0としている。このため PIV の仕様では $Quality=5*(6-nfiq)$ でスケールを変換している。

2006 Japan Biometrics Authentication Symposium in Kyoto において、韓国の Kim は NFIQ S/W を実際に使用しても、目視で期待するような結果が必ずしも出ないという報告を行っている。ただし、目視評価は主観的なものであるから、むしろ自動照合への適用性で評価するべきかもしれない。ここで NFIQ S/W は Artificial Neural Net による学習によってアルゴリズムを構成しているため、特定の画像に対して出力が不適當であったとしても、簡単に出力を修正することは困難という問題を抱えているといえる。

また品質評価値 (NFIQ) と認証率 (TAR) の関係を NIST の Tabassi が報告しているが、レベル2, 3, 4, 5は差があるが、1と2を分ける効果は疑問であり改善の余地があると考えられる。

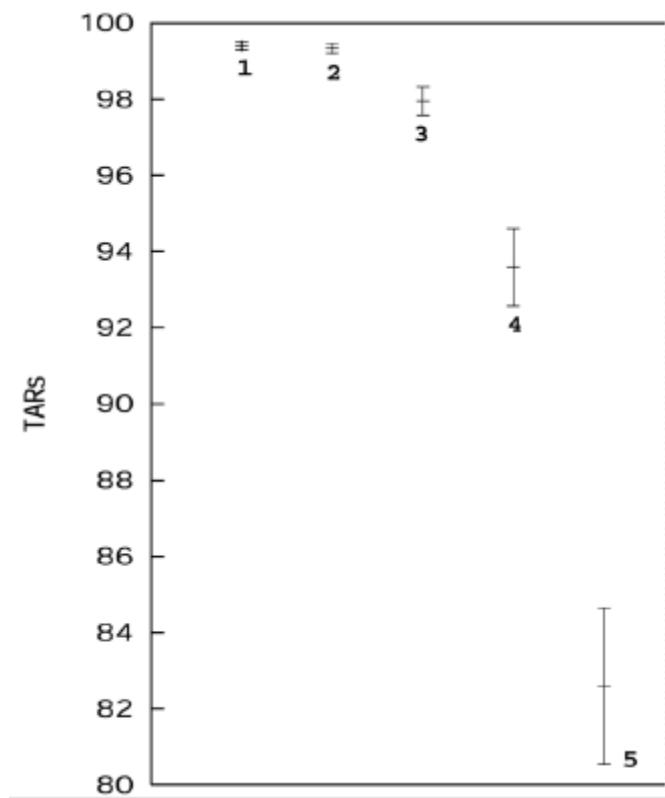


図 11 NFIQ と TAR の関係

2.3.2. 指紋画像品質評価の概要

指紋センサ：CrossMatch 製 ACC01394 で採取した指紋画像に対して、NIST の指紋画像品質評価 S/W で品質評価値 (NFIQ) を算出した。その結果を以下に示す。

2.3.2.1. 年齢別 NFIQ 平均

年齢別の NFIQ 平均を以下に示す。年齢が高くなるにつれて、NFIQ が悪化する傾向にある。

表 19 年齢別 NFIQ 平均

年齢	人数	NFIQ 平均
10-19	1	1.17
20-29	66	1.47
30-39	82	1.68
40-49	60	1.93
50-59	61	2.30
60-69	36	2.69
70-79	21	3.82
80-89	1	4.17

年齢別NFIQ平均

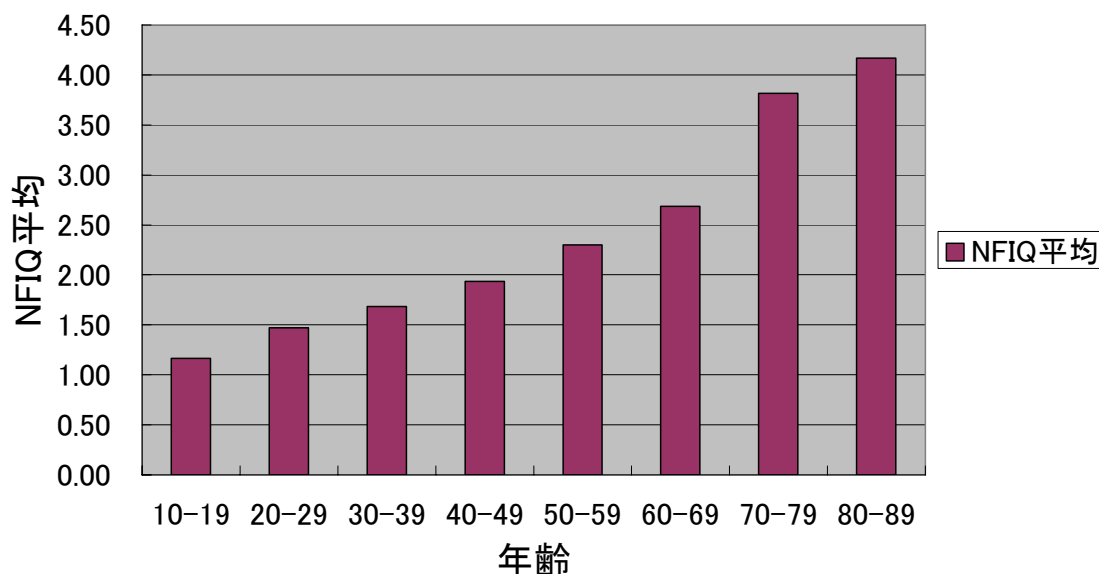


図 12 年齢別 NFIQ 平均

2.3.2.2. 男女別 NFIQ 平均

男女別の NFIQ 平均を以下に示す。男性の方が、NFIQ が良い傾向にある。

表 20 男女別 NFIQ 平均

性別	人数	NFIQ 平均
男	268	1.97
女	61	2.45

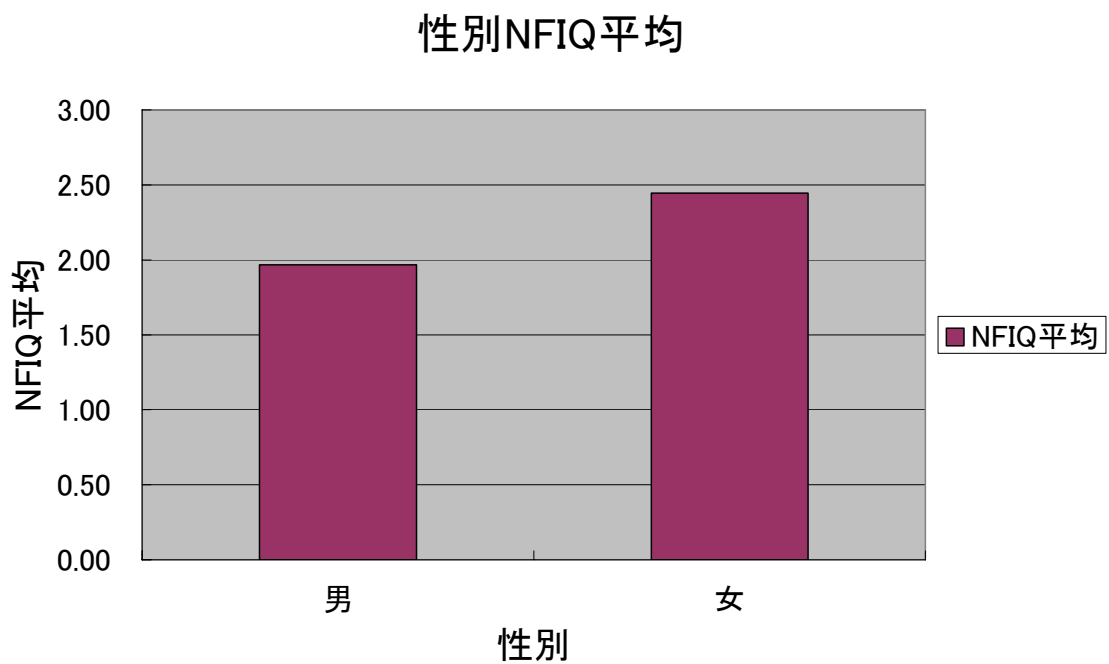


図 13 男女別 NFIQ 平均

2.3.2.3. 身長別 NFIQ 平均

身長別の NFIQ 平均を以下に示す。身長が高くなるにつれて、NFIQ が良くなる傾向にある。これは、年齢が若いほど、身長が高いという関係にあるためと考えられる。

表 21 身長別 NFIQ 平均

身長	人数	NFIQ 平均
140-149	2	3.00
150-159	31	2.62
160-169	144	2.12
170-179	129	1.85
180-189	23	1.91

身長別NFIQ平均

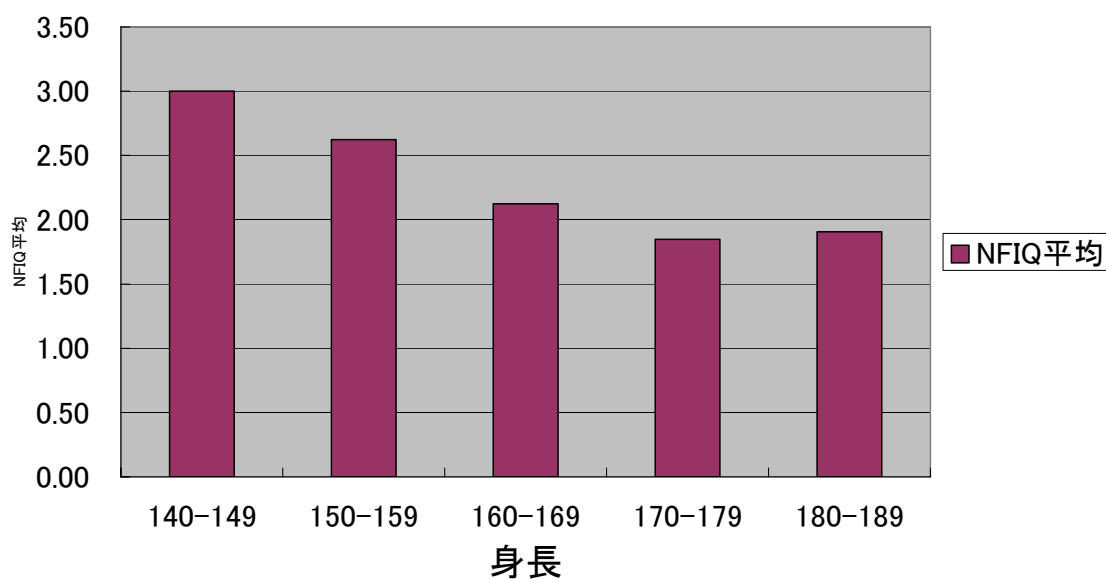


図 14 身長別 NFIQ 平均

2.3.2.4. 利き手別 NFIQ 平均

利き手別の NFIQ 平均を以下に示す。利き手が右手の人が、NFIQ が良いようである。

表 22 利き手別 NFIQ 平均

利き手	人数	NFIQ 平均
右手	301	2.03
左手	27	2.20
両手	2	2.58

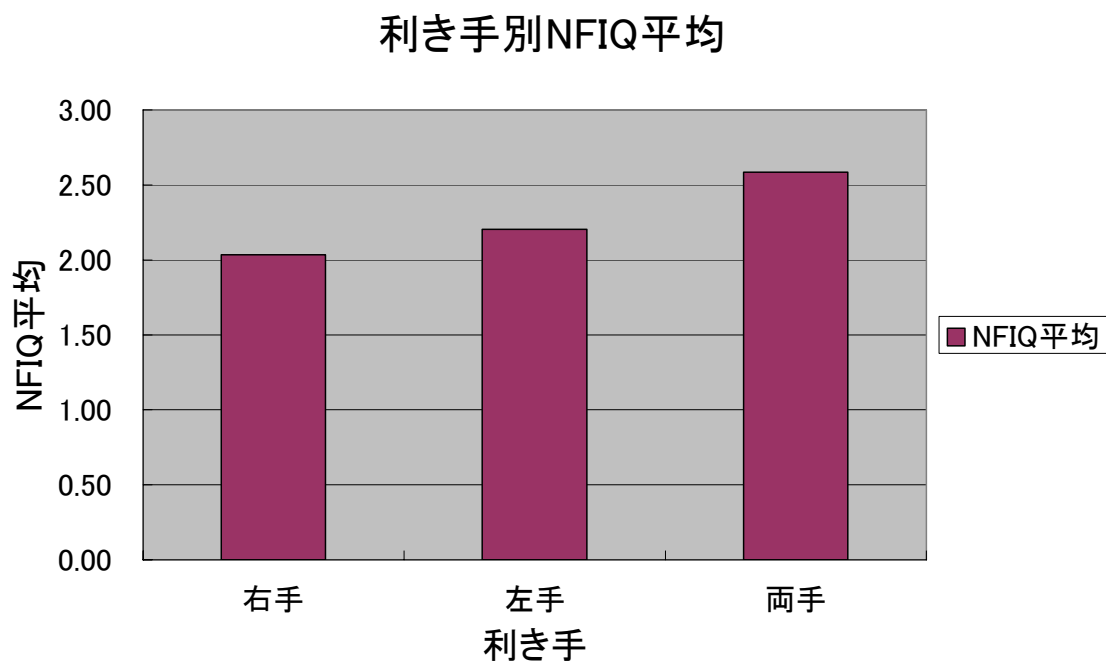


図 15 利き手別 NFIQ 平均

2.3.2.5. 採取経験別 NFIQ 平均

採取経験別の NFIQ 平均を以下に示す。採取経験がある人の方が、NFIQ が良いようである。

表 23 採取経験別 NFIQ 平均

採取経験	人数	NFIQ 平均
無し	199	2.18
あり	120	1.84
覚えていない	10	1.80

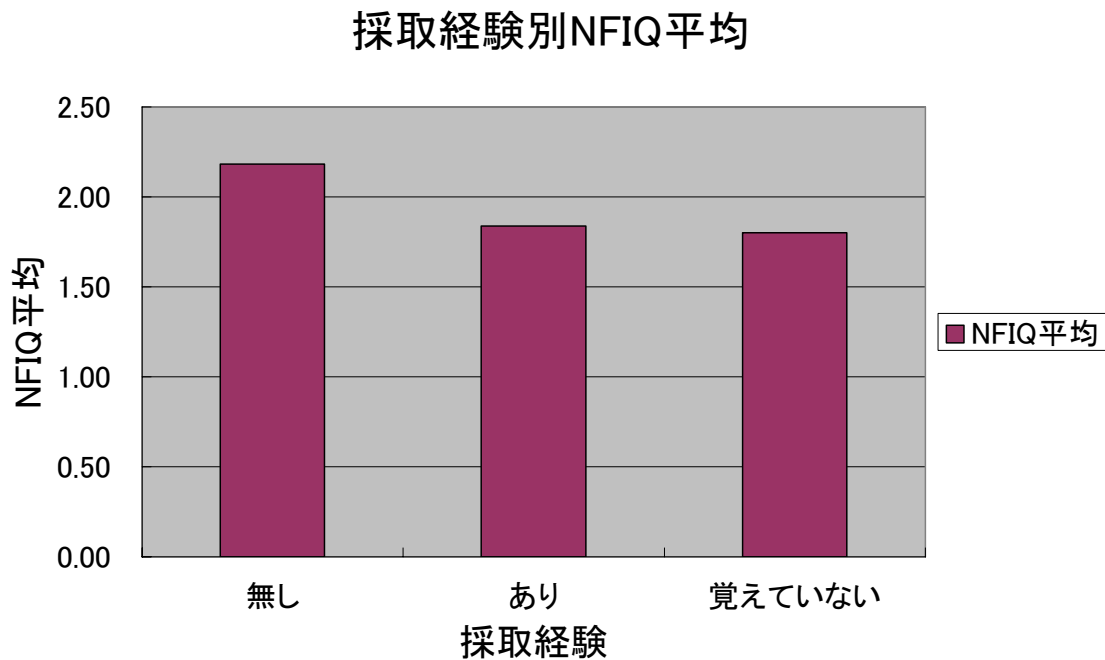


図 16 採取経験別 NFIQ 平均

2.3.2.6. 手作業頻度別 NFIQ 平均

手作業頻度別の NFIQ 平均を以下に示す。手作業の頻度が高い人ほど、NFIQ が悪化する傾向にある。

表 24 手作業頻度別 NFIQ 平均

手作業頻度	人数	NFIQ 平均
日常生活程度	249	2.07
週1日以下	22	1.70
週2-4日程度	12	2.06
ほぼ毎日	31	2.25
不定期	15	1.99

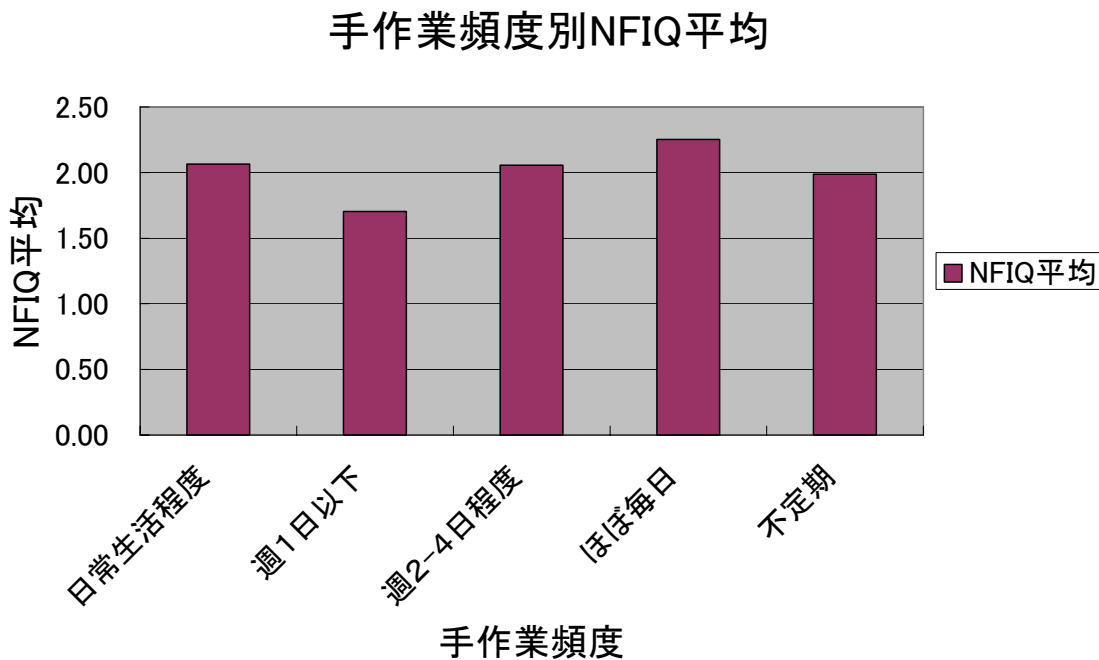


図 17 手作業頻度別 NFIQ 平均

2.3.2.7. 手作業程度別 NFIQ 平均

手作業程度別の NFIQ 平均を以下に示す。手作業の程度に関して、指を酷使する人は、NFIQ の悪化の度合いが高い。

表 25 手作業程度別 NFIQ 平均

手作業程度	人数	NFIQ 平均
日常生活程度	299	2.05
酷使する	6	2.75
いずれでもない	25	1.96

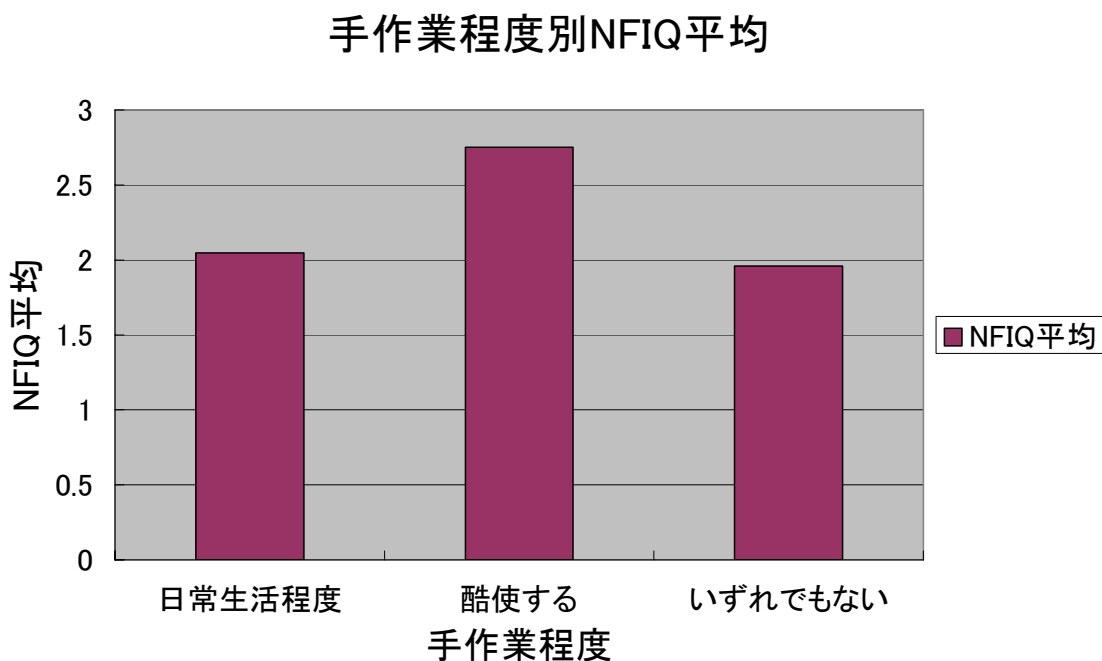


図 18 手作業程度別 NFIQ 平均

2.3.3. 指紋押捺部位と指紋画像品質の関係

指紋の押捺部位と指紋画像品質との関係を知るため、指の長軸方向を回転軸として回転させた時の画像を採取し、各画像について画像品質評価 S/W で NFIQ を算出した。

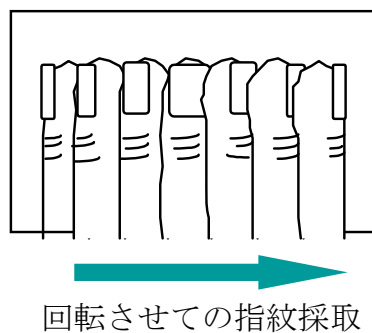


図 19 回転させての指紋採取

その結果、指紋採取の部位（右半面、左半面、中央）に関わらず、NFIQ=1 という高い品質値を得る結果となった。

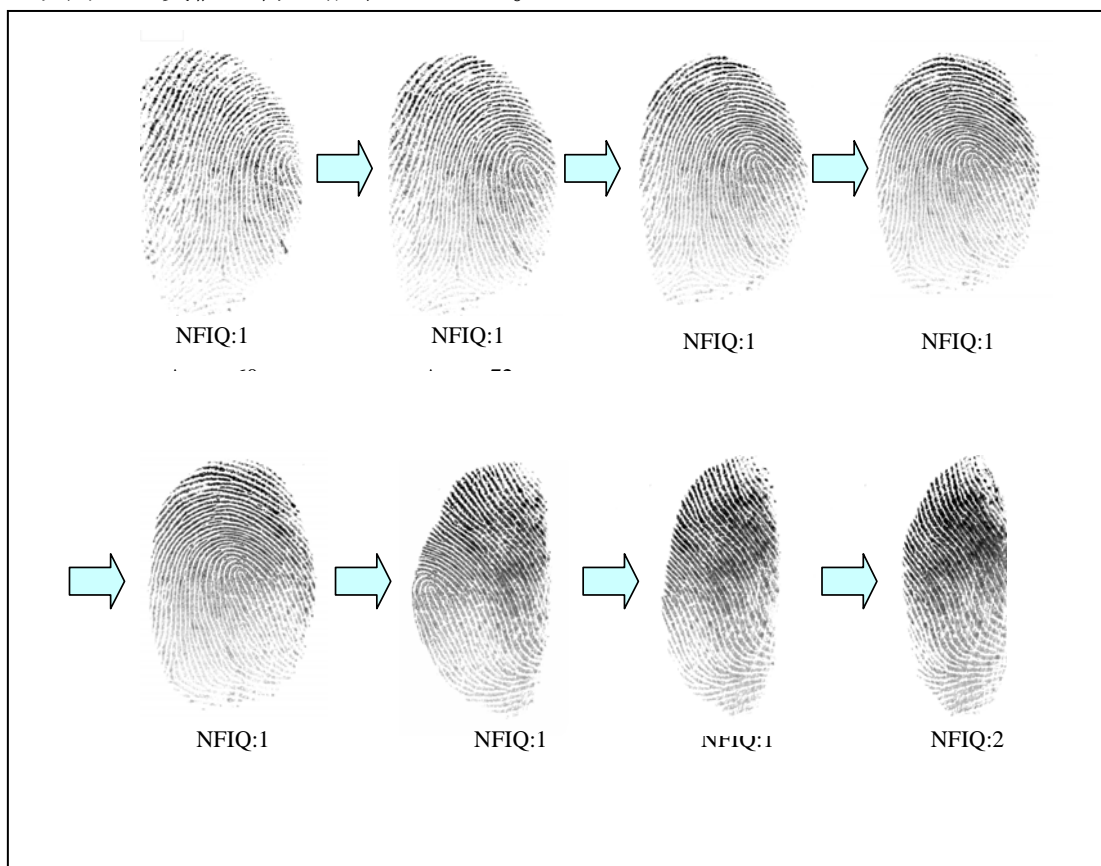


図 20 指紋の押捺部位と品質値の関係

画像品質評価 S/W では、指紋コア位置や隆線方向分布等を使った、指紋照合時の情報量の多さを判定する処理が入っていないことが推測される。これらの画像品質評価 S/W は、コントロールされた状況で採取された指紋画像への利用が前提条件であると思われる。

従って、専門の知識を有する管理者が立ち会わずに、特に指紋押捺に関する知識の無い利用者が押捺を行う場合は、指紋コア位置や隆線方向分布等を使った、指紋照合時の情報量の多さを判定する処理を入れることが望ましいと考える。

3. 調査研究のまとめ・今後の課題

3.1. 調査研究のまとめ

海外の実証実験によると、照合をスムーズに行うためには、指紋データを登録する時に、指紋画像品質評価 S/W を用いて、品質評価値 (NFIQ) の良いものを登録することが推奨されている。また照合アルゴリズムの評価実験においても、NFIQ が良いほど、照合スコアが良くなる傾向を示している。照合時に照合スコアを高く保つためには、登録時における指紋画像品質評価 S/W の導入は、必要条件かもしれない。しかし、評価実験結果により、指紋の押捺部位によって、NFIQ の変動がほとんど見られないという事実からして、指紋画像品質評価 S/W は、指がある程度正しく置かれていることを前提に、画像品質を評価している可能性が高い。照合スコアは、画像品質だけでなく、登録時と照合時の指置きずれにも大きく影響されるため、単に NFIQ が高いことが、照合時の照合スコアを高く保つための十分条件とは言い切れない。

3.2. 今後の課題

NFIQ と照合時の照合スコアには、相関関係があるのは確かである。NFIQ は、指紋の画像品質の良し悪しを判定するための助けになる。しかし、照合時の照合スコアは、単に、画像品質だけでなく、登録時と照合時の指置きずれ、すなわち両者の画像の重なり具合等の画像品質以外の要因にも大きく依存する。したがって、照合をスムーズに行うために、画像品質だけを取り出して独立に議論することは困難であり、照合スコアとの関連から議論していくべきものであると考えられ、今後の課題である。

4. 報告書付録

4.1. NISTTR7151 : 翻訳