

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」

IV章 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

報告書

平成19年3月

財団法人 ニューメディア開発協会

IV 章	4
1. 実施状況	4
1.1. 目的	4
1.2. 実施内容	4
1.3. 研究開発スケジュール	5
1.4. 研究開発の実施体制	6
1.4.1 管理体制	6
1.4.2 研究組織	6
1.5. 委員会構成メンバー	7
2. 指紋認証の互換性に関する文献調査	8
2.1. 指紋データフォーマットの標準化	8
2.1.1. データフォーマット標準規格について	8
2.1.2. ANSI/NIST INCITS PIV	9
2.1.3. ISO/IEC 19794 指紋データ交換フォーマット	11
2.1.4. EU Passport Specification	18
2.2. 相互運用の精度評価方法	21
2.2.1. ISO19795-4 相互運用性性能試験	21
2.3. 指紋認証の相互運用実験	23
2.3.1. MINEX	23
2.3.2. ILO ISBIT	28
2.3.3. その他	32
2.4. 技術文献調査のまとめ	35
2.4.1. 標準化文書の問題点 (defect、amendment状況)	35
2.4.2. 相互運用実験からの問題点	36
3. 19794-2 相互運用実験	39
3.1. 実験の狙い	39

3.2.	実験評価方法	40
3.3.	単体性能と相互運用性能	41
3.4.	クロス性能	43
3.4.1.	登録（特抽）と照会（特抽＋照合）の組み合わせ実験	45
3.4.2.	相互互換性についての評価	45
3.4.3.	単体性能との比較	48
3.5.	画像サイズの影響の評価	48
3.6.	圧縮率の影響の評価	49
3.7.	画像品質の影響の評価	50
3.8.	実験結果のまとめ	54
3.8.1.	分析項目	54
3.8.2.	未対応について	55
3.8.3.	処理時間について	55
4.	調査研究のまとめ	57
4.1.	得られた知見のまとめ	57
4.2.	規格化を検討すべき事項	57
4.3.	今後の課題	58
5.	付録	59

IV 章

1. 実施状況

1.1. 目的

「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」では、相互運用性を考慮した指紋マニューシャ形式の標準化についての動向や、その規格を用いた相互運用性の評価実験について文献調査、複数ベンダーによって生成される指紋マニューシャ形式による相互運用性について実際に相互運用の精度評価を行い、現在の相互運用性の実際を把握することとした。特にデータ品質が照合精度に与える影響の要因分析、その利用方法等を検討し、相互運用での照合精度を向上させるための追補規格提案、運用に関わるガイドライン提案を目的としている。

1.2. 実施内容

本小委員会では指紋データフォーマットの標準化動向、相互運用性評価の標準化の動向、それらの標準を用いた相互運用性実験に関する文献調査を行い、現状の相互運用性に関する残されている課題を明らかにすることをまず行う。特に相互運用性を実現することを阻害する要因を、指紋採取実験を行って検討する。そこから相互運用性を実現するための条件を明らかにし、また相互運用性を定量的に評価する方法についても明らかにする。次年度以降でこれらの知見の効果を実験的に実証し、追補規格やガイドラインなどの提案に役立てることを計画する。本年度の実験では

(イ) マニューシャ方式の複数ベンダーの認証アルゴリズム単体での精度評価を実施した。

(ロ) 複数ベンダーの特徴抽出と照合の組合せに関する互換性認証精度評価を実施した。

(ハ) 非圧縮画像と圧縮済み画像のそれぞれで認証精度を評価し、ベンダーの指紋認証アルゴリズムで検証した。

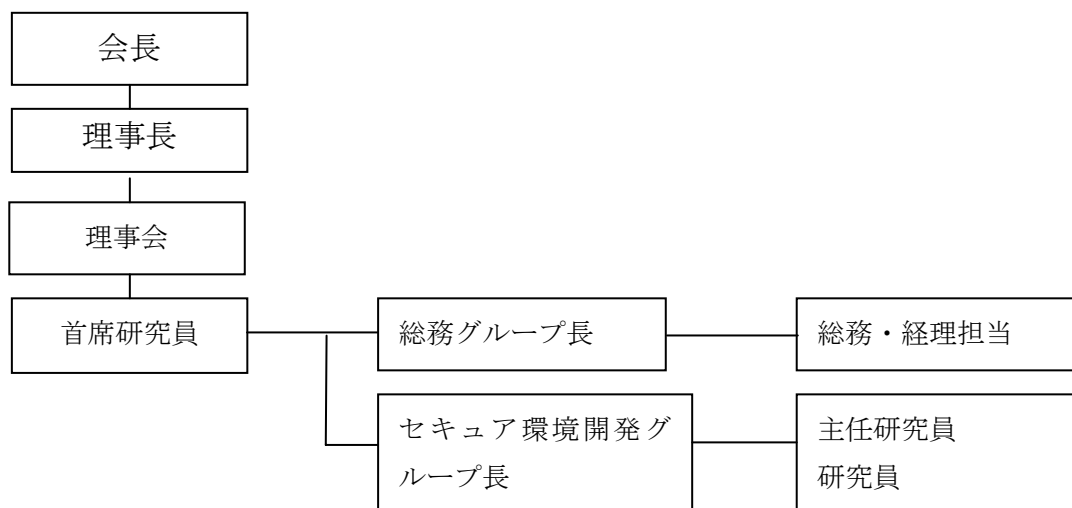
(ニ) 各ベンダーの認証アルゴリズムの精度評価結果について、品質値を利用する等により互換性を向上する方法について調査した。

1.3. 研究開発スケジュール

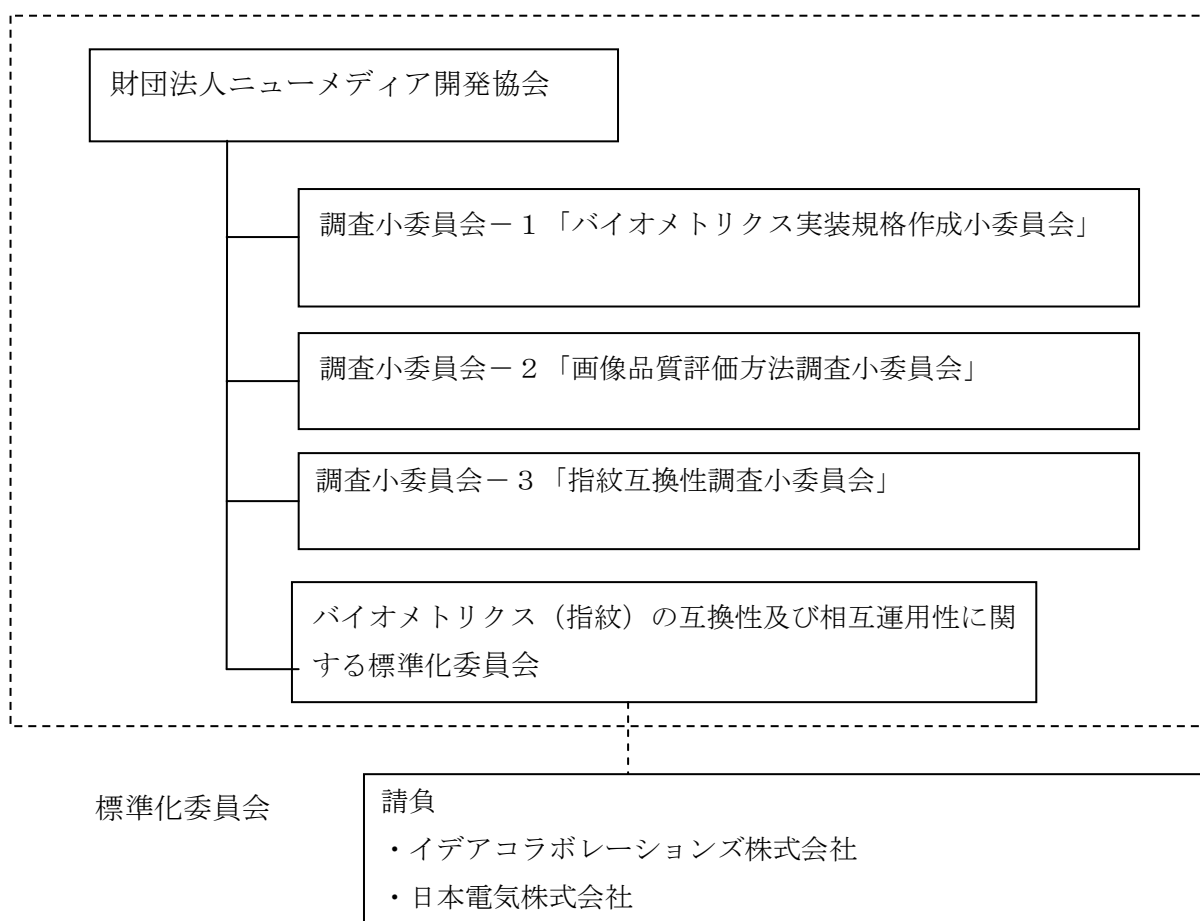
研究項目	平成18年					平成19年		
	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
1) 指紋画像とマニューシャ等実装規格の作成								
規格調査 (19785, 19794, 7816, 14443等)		規格調査						
センサIF調査 (GUI, Security)		調査						
規格解説と実装規格の作成		規格作成 (一次案)						
2) 光学方式及びその他センサ方式による指紋画像品質評価方法の開発								
Min300名 (実験仕様作成)		指紋採取						
品質評価方法		品質の定義		センサ方式別の分析 圧縮による劣化分析				
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								
精度評価方式 (規格) 調査		調査						
互換性評価実験		実験仕様	各社ソフト テスト	評価実験		分析		
標準化委員会		△ 標準化委員会		△ 標準化委員会				△ 標準化委員会
報告書の作成						報告書作成		METへ報告 △

1.4. 研究開発の実施体制

1.4.1 管理体制



1.4.2 研究組織



1.5. 委員会構成メンバー

調査小委員会－3：指紋互換性調査小委員会

役割	氏名	所属	役職	備考
委員長	溝口 正典	NEC株式会社第二官庁システム事業部	SC37WG1 主査	
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	坂本 静生	日本電気株式会社メディア情報研究所	SC17 国内委員会 SWG4 リーダ	
委員	三村 昌弘	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	新崎 卓	株式会社富士通研究所	主任研究員	
委員	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	
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	坂本 秋彦	法務省入国管理局出入国情報管理室	システム企画係長	
オブザーバ	木村 高久	日本規格協会情報技術標準化研究センター	主任研究員	
オブザーバ	森田 信輝	経済産業省産業技術環境局情報電子標準化推進室	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. 指紋認証の互換性に関する文献調査

2.1. 指紋データフォーマットの標準化

従来のバイOMETリック認証システムでは、生体情報を入力するセンサ部、入力された画像を処理する画像処理部、照合を行うマッチング部を一体と見なしてチューニングする方法が用いられてきた。

これは認証性能を向上させるための1つの手段であり、1つのベンダーによる閉ざされた装置では、この方法でも問題は生じなかった。しかし、バイOMETリック認証が普及し、認証インフラとしての性質を増すにつれて、バイOMETリックデータの互換性が重視されている。

大規模システムへの適用では、生体情報入力用のセンサを変えた場合にも、再登録作業をせずに従来から登録済みの利用者の登録データを利用することが求められる。また、照合を行うマッチング部にもデータの相互運用性が必要とされる。

近年、ICカードに格納されたバイOMETリックデータを複数ベンダーの装置の間で扱うアプリケーションが進められている。例えば、電子パスポートへのバイOMETリック認証の適用では、多国間での相互運用に伴い、複数の装置ベンダーが対応できる互換フォーマットの仕組みが必要である。

バイOMETリックデータ互換フォーマットが本格的に用いられたのは犯罪捜査向けの自動指紋識別システム（AFIS : Automated Fingerprint Identification System）である。米国では州、市、郡ごとにAFISを調達するため、異なるベンダー間で指紋データの互換性をとるためにANSI/NISTフォーマット（ANSI/NIST-ITL 1-2000）を作成している。またフォーマットだけでなく、光学的に指紋を採取するためのライブスキャナの仕様や指紋原紙にインクで採取した指紋画像を読み取るスキャナの仕様として、FBIによりImage Quality Specifications (IQS) が作成されている。これらの規格は、その後発行された、指紋画像フォーマットの国際標準規格の基礎となっている。

2.1.1. データフォーマット標準規格について

2002年に設立されたISO/IEC JTC1 SC 37では、バイOMETリクス（生体認証）技術に関する標準化を行っている。SC37は6つのWGで構成され用語、アプリケーションインターフェース、データ互換フォーマット、システムプロファイル、精度評価、法制度に関連した標準規格の策定を進めている。

システム間でバイOMETリックデータの受け渡しを行うデータ交換フォーマ

ットの国際標準化は ISO/IEC JTC1 SC37/WG3 で行われている。そこでは相互運用のためのデータ交換フォーマットの策定が目的となっており、登録機（処理）と照合機（処理）のベンダー、場所、時間が異なっても本人認証を可能にすることを目指して、互換フォーマットの国際標準規格の策定を行っている。

バイOMETリックデータの交換方法は、原データ（画像等）を交換するものと特徴量データを交換するものがある。現在、実用化されているのは原データを用いる方式が多数である。原データを用いると、ベンダーによる画像処理方式、特徴抽出方式や照合方式の違いによる影響を受けにくいことが理由である。

データ互換フォーマットの規格化（ISO/IEC 19794 シリーズ）は、指紋、顔画像、虹彩、血管、署名、手形などの認証方式を対象として行われている。電子パスポートでの利用を想定して、指紋、顔画像、虹彩が先行して標準化が進められた。既に、指紋画像／指紋特徴量データ、顔画像、虹彩画像は国際規格として成立し、各国の電子パスポートに適用が始まっている。さらには電子免許証や ILO が発行する船員手帳への適用も検討されている。日本でも 2006 年 3 月から顔画像を IC チップに納めた電子パスポートの発行が始まり、顔画像データの収容に ISO/IEC 19794-5 互換フォーマットが使われている。

2.1.2. ANSI/NIST INCITS PIV

文献名 “Biometric Data Specification of Personal Identity Verification”、
NIST Special Publication 800-76.¹

（個人識別情報の検証における生体認証データ仕様）

発行元 米国 NIST（National Institute of Standard and Technology）

(1) 発行の目的

連邦情報処理規格 FIPS201 において、バイOMETリクスによる個人識別を自動化する身分証明用の PIV（Personal Identity Verification）カードに格納するバイOMETリクスデータの取得や格納に関する仕様を示す。

(2) 発行時期

2006年2月

(3) 文献の内容

国土安全保障の大統領指令 HSPD-12 は連邦政府の施設やシステムに物理的あるいは論理的にアクセスすることを許可する身元証明情報の相互運用を管理するための新たな標準を採用することを要請していた。そのため個人識別情報の

¹ http://csrc.nist.gov/publications/nistpubs/800-76-1/SP800-76-1_012407.pdf(最新版)
<http://www.ipa.go.jp/security/publications/nist/documents/SP800-76-J.pdf>（旧版の翻訳）

標準を確立するため、連邦情報処理規格 FIPS201 が策定された。これが PIV : **Personal Identity Verification** という規格である。PIV カードは物理的な人工物としての ID カードやスマートカードであり、本人証明となる写真、暗号鍵、生体認証データなどを搭載し、各従業員や業者に発行されるものである。カード保持者の本人性は、格納された信用情報を人手で、もしくは自動処理によって検証することができる。SP800-76 文書はこの FIPS201 の関連文書の 1 つであり、PIV システムでの生体認証のための技術的なデータ取得とフォーマットに関する仕様を記述しており、また PIV カードそのものについても記述している。そこには指紋と顔画像のための処理手順とデータフォーマットが、公開されている生体認証標準に一般的に含まれている数値や処理手法の制約項目として列挙されている。これら特定仕様の設計目的は、性能が高く普遍的な相互運用性にある。FBI の身元調査に適したバイオメトリックデータを準備するために、SP800-76 では FBI 文書を引用しており、それには ANSI/NIST フォーマットと EFTS (**Electronic Fingerprint Transmission Specification** : 電子的指紋データ伝送仕様) が含まれている。なおこの文書は PIV カードと併用する他の生体認証のモダリティを妨げるものではない。

- PIV の指紋データ仕様
 - INCITS 381-2004 のマニユーシャ・テンプレート形式
 - 画像圧縮 無し、もしくは WSQ(15:1)。実質的には WSQ が必須
 - 画像品質値は NFIQ 値から 20/40/60/80/100 に変換して格納
変換式 $Quality=20*(6-NFIQ)$
 - マニユーシャ数 0 から 1 2 8
 - マニユーシャタイプ 01、10、00 (端点、分岐点、その他) の 3 タイプ
 - 処理装置認定基準 特徴抽出が 1.3 秒以内、照合も 0.1 秒以内
 - 画像サイズ センシング画像として横 x 縦が 12.8 mm x 16.5 mm 以上
- 業務フロー

指紋の採取から PIV カードの発行までの業務フローとしては、10 指採取という特徴があり、バックグランドチェックは従来の AFIS の処理に近いものである。
- 国際標準との関連

指紋マニユーシャのテンプレートのデータ構造は米国標準 INCITS 378 であり、ISO/IEC 19794-2 のベースになったものである。

また、指紋画像の場合は INCITS 381 のデータ形式であり、ISO/IEC 19794-4 のベースになったものである。

(4) 課題と考察

IC カードに指紋データを格納する仕様の事例として参考になる。しかし、

ANSI/INCITS であるため、ISO/IEC の規格とはヘッダ情報部分で若干の差異がある。バイオメトリクス、特に指紋データ構造の扱いの参考にはなるが、画像サイズの最小値の根拠、画像品質値の意義と有効性についての具体的な説明がなく、準拠することによりどの程度の照合性能を達成できるのかがわかり難い。運用レベルの仕様の国際標準化には、これらの裏付け作業が必要となるのではないかと考えられる。

なお本規格は ISO/IEC 7816 シリーズの国際標準を活用はしているが、詳細仕様においては外れた仕様も定義されている。また IC カードのプログラミングインターフェイスの標準化で米国から提案された ISO/IEC 24727 シリーズ Identification cards – Integrated circuit(s) cards – Programming interfaces を採用した規格となっている。

2.1.3. ISO/IEC 19794 指紋データ交換フォーマット

2.1.3.1. 指紋に関するデータ交換フォーマット


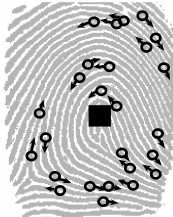

2002 年に設立された ISO/IEC JTC1 SC37/WG3 では、データ互換フォーマットに関連した標準規格の策定を進めている。

データ互換フォーマットを扱う ISO/IEC 19794 シリーズにおいて、指紋に関する交換データフォーマットは、次の 4 種類が規定されている。

- 1) ISO/IEC 19794-4 : 指紋画像データ
- 2) ISO/IEC 19794-2 : 指紋特徴点データ
- 3) ISO/IEC 19794-3 : 指紋スペクトラルパターンデータ
- 4) ISO/IEC 19794-8 : 指紋スケルトンパターンデータ

表 2-1 に各指紋データフォーマットの概要を示す。

表2-1 指紋互換フォーマットの規格概要

原データ	交換データ	符号化	パラメータ
指紋画像	Part 4 画像 	Raw WSQ JPEG JPEG2000 PNG	解像度, 階調, 画像サイズ 指 (左/右, 親-小指) / 掌 部位 入力法, 品質 [複数 D 収容可: 指/View]
	Part 2 特徴点 	特徴点: 種類/位置/向き/品質 (固定長) 特徴点数	解像度, 原画像サイズ, 指 (左/右, 親指-小指) 入力法, 品質 [複数 D 収容可: 指/View]
	Part 3 パターン Spectral (FDIS) 	隆線: 傾き/波長/ 位相/品質 (bit 数可変)	解像度, セルサイズ/数 指 (左/右, 親指-小指) 入力法, 品質 [複数 D 収容可: 指/View]
	Part 8 パターン Skeletal (FCD) 	特徴点: 種/向き/ 位置 隆線方向: 向き/ 終端 (bit 数可変)	解像度, 原画像サイズ 指 (左/右, 親指-小指) 入力法, 品質, ステップ長 [複数 D 収容可: 指/View]

2.1.3.2. ISO/IEC 19794-4:2005

2.1.3.2.1. ISO/IEC 19794-4 制定の背景

2005年に発行された、ISO/IEC 19794-4では指紋画像のデータ交換フォーマットを規定する。指紋画像データは指紋画像を交換するため、ベンダーによる画像処理方式、特徴抽出方式や照合方式の違いによる影響を受けにくい。19794-4は米国のANSI INCITS 381がベースである。ANSI INCITS 381よりも後に成立している関係上、品質値の範囲、レコード長の定義などで異なる部分がある。

2.1.3.2.2. ISO/IEC 19794-4 の概略

19794-4フォーマットは、一つのGeneral record headerと、一つまたは複数のFinger image header recordで構成される。各々のFinger image header recordに指紋画像（1指または4指平面印象）または掌紋画像が1枚記録される。なお4指平面印象は、一つの指紋画像としてカウントされる。

General record header
Finger image header record (1)
.
.
Finger image header record (256)

図 2-1 指紋画像データのヘッダ構造

19794-4のGeneral record headerで扱えるFinger image header recordの最大数は256である。従って一つの19794-4形式の指紋画像データで、最大256枚の指紋／掌紋画像を記録することが可能である。256枚の指紋／掌紋画像では勿論同一指の画像も取り扱いが可能である。これらの画像は一意に決定されるView Numberで管理され、Finger/Palm Positionにより同一部のデータであるか否かが確認できる。

表 2-2 View Number と Finger/Palm Position

Field	Size	Valid values
Finger/palm position	1 byte	0-15; 20-36
Count of views	1 byte	1-256
View number	1 byte	1-256

デバイス ID、スキャナ解像度、画像解像度、階調、圧縮の有無等は、General record header で定義される。各々の Finger image header record には、同一のキャプチャデバイスから採取された画像が格納されると考えても良い。

解像度は 49ppcm(pixels/centimeter)から 394ppcm まで段階的に定義されている。階調は、197ppcm (500ppi) 以上は 8bit で定義されている。また、ダイナミックレンジ (グレイスケールレベル) についても、2 から 200 で解像度に合わせて段階的に定義されている。これらは、Image acquisition settings levels として一覧表に定義されている。

圧縮アルゴリズムは、ビット詰め、WSQ、JPEG、JPEG2000、PNG が定義されている。500ppi の画像を WSQ で圧縮する場合は 15:1 を上限として規定している。500ppi よりも高い解像度の画像には JPEG2000 が推奨されている。

対応する押捺方式は、平面指紋 (ライブ採取、インク押捺)、回転指紋 (ライブ採取、インク押捺)、遺留指紋、Swipe 指紋、非接触指紋 (ライブ採取) の 9 通りである。19794-4 の Normative ANNEX A には採取を行うスキャナの規格として Image Quality Specifications (IQS) が記載されており、画像歪、MTF 等の性能仕様が規定されている。

19794-4 にはサンプル品質を 1 (低品質) から 100 (高品質) の値で格納できるようにしているが、品質の算出方法については定義されていない。サンプル品質については、ISO/IEC 29794 シリーズとして 2005 年から検討が開始されている。

29794-1 は Working Draft の段階にあるが、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と定義し、有用性はパフォーマンスをよく反映し、またパフォーマンスを推定できるものと記載されている。

表 2-3 特性、忠実度、有用性の関係

Character	Fidelity	
	Low	High
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

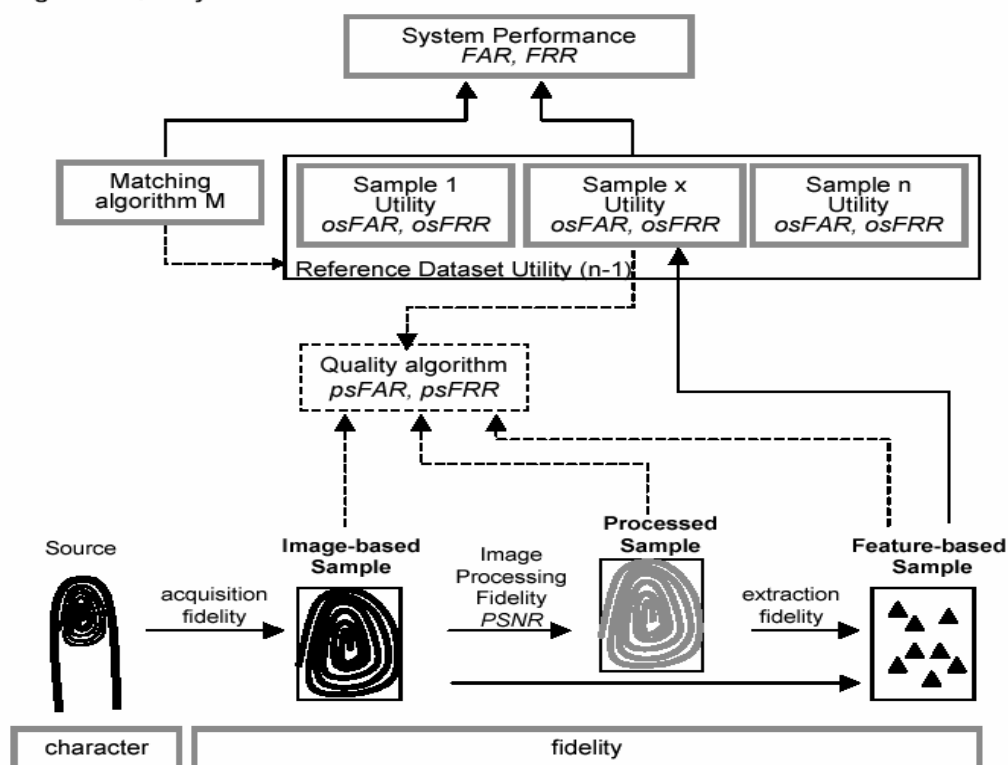


図 2-2 品質参照モデル

一方、BioAPIでは、バイOMET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)として品質を四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 2-4 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、SC37でバイOMET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OMET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一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OMET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ウエ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。

2.1.3.3. ISO/IEC 19794-2 : 2005

2.1.3.3.1. IISO/IEC 19794-2 制定の背景

19794-2は、指紋の代表的な照合方式である特徴点方式のためのデータ交換フォーマットである。圧縮された指紋画像に比べても10分の1以下のデータサイズにできる特長がある。指紋データをICカード内に格納する場合、データがコンパクトであることは、低コスト化や読み出し時間の短縮においてメリットがある。

19794-2も、電子パスポート用の指紋画像フォーマットとしてICAO文書に参照されている。さらには、ILOが発行する船員手帳への適用も検討されている。19794-2のベースは米国のANSI/INCITS 378である。米国でANSI/INCITS 378

の発行されたのが2004年であり、19794-2の発行年が2005年であることから、両者の間には僅かな違いがある。NISTがANSI/INCITS 378-2004フォーマットを用いて行ったMinutiae Interoperability Exchange Test (MINEX)実験でのPerformance and Interoperability of the INCITS 378 Fingerprint Templateは、19794-2フォーマットを用いたときの性能を想定する上での参考となる情報である。このNISTやILO(船員手帳)等による実証実験の結果を受けて、19794-2の特徴点データの共通性を確保するため、指紋特徴点の定義を明確化するAmendment提案がなされている。

2.1.3.3.2. ISO/IEC 19794-2 の内容

19794-2のヘッダで定義されている情報は、指紋画像データで定義されている内容とほぼ同様であるが、若干の違いがあると同時に19794-4のようにヘッダがGeneral record headerとFinger image header recordとして明示的に定義されていない。

19794-2では19794-4と同様にView NumberとFinger Positionを用いて同じ指の情報を複数画像分扱えるようにしている。なおFinger Position Codeでは、掌紋(Palm)はサポートされていない。データは、レコード全体の情報、View毎の情報、特徴点(マニューシャ)毎の情報で構成されている。

2.1.3.3.3. Record format と Card format

19794-2ではFinger Minutiae Record FormatとICカードへの格納用としてFinger Minutiae Card Formatの2種類のフォーマットが規定されている。さらにFinger Minutiae Card Formatは、Normal Size Finger Minutiae FormatとCompact Size Finger Minutiae Formatに分かれている。Compact Size Finger Minutiae Formatではデータ量を少なくするために特徴点の位置や向きの分解能を低く定義している。

先に述べたように、19794-2では19794-4のようにヘッダがGeneral record headerとFinger image header recordとして明示的に定義されていない。このためCard FormatにFinger Minutiae Record FormatのRecord headerを含むか含まないかが不明確になるという問題があり、2007年1月のニュージーランド会議で対応策が検討された。結論として、Record header有/無しの両方のフォーマットを認める方針で進めることになったが、具体的な対応方法は決まっていない。

19794-2では特徴点の必須情報として、指紋特徴点の種類、座標、方向を定義

している。細線化処理手法での端点位置に違いが出ないように、端点は指紋谷線の分岐点として定義されている。分岐点は指紋隆線の分岐点として定義されている。一方、**Finger Minutiae Card Format** では細線化した指紋隆線の端点を用いることが許されている。**19794-2** では各フォーマットで指紋特徴点の位置情報や方向の分解能について細かく定義されているため、同じ **19794-2** 規格のデータといえども、違いに留意することが必要である。

認証精度を向上させるためのオプションデータとして、指紋中心（コア）、三角州（デルタ）、特徴点間の隆線本数が定義されている。また、**ZONE Quality** と呼ばれる指紋画像を複数セルに分割した際の各セルの品質データを持つことができる。

対応する押捺方式は、平面指紋（ライブ採取、インク押捺）、回転指紋（ライブ採取、インク押捺）、遺留指紋、遺留指紋の写真、薬品等で検出された遺留指紋、トレースされた遺留指紋、**Swipe** 指紋、非接触指紋（ライブ採取）の9通りであり、**19794-4** の指紋画像データの定義とは若干異なる。

19794-2 の **Normative ANNEX B** には指紋画像採取を行うスキャナの規格として **Image Quality Specifications (IQS)** が記載されており、画像歪、**MTF** 等の性能仕様が規定されている。

2.1.4. EU Passport Specification

EU 加盟国によって発行されるパスポート及び渡航文書における、セキュリティ及びバイオメトリクスのための標準に則った技術仕様を、EU 委員会は2006年6月28日に規定する判断を下した。この判断はC(2006) 2909として、EU 加盟各国語で書かれ署名・発行されている。UK 及びアイルランドはこの施策の採択をしておらず、正式に英語で書かれた版は規定されていない。単に、資料としての目的だけとして、委員会判断の補遺にある草案へ立ち戻ってもよいとされ、英語版草案が便宜的に提供される。

この節では、英語版草案よりその概要を述べる。

C(2006) 2909 では、第二のバイオメトリクスに関する仕様が決まったこと、EU加盟各国には36ヶ月以内に第二のバイオメトリクスを記録するIC旅券を発行することが求められる。

この文書は、2004年に発行された“**Council Regulation (EC) No 2252/2004 on standards for security features and biometrics in passports and travel documents issued by Member States**”を基礎とし、ICチップが利用可能なEU

パスポートのための解決法について説明する。国際規格、特に ISO 規格及び機械可読渡航文書の ICAO 勧告に基づいており、次を提供する：

- バイオメトリック確認子：顔及び指紋のための仕様
- 記録媒体(チップ)
- チップ内の論理データ構造
- チップ内のデジタル的に記録したデータのセキュリティのための仕様
- チップ及び応用の準拠評価
- 他の渡航文書との RF 互換性

次に、バイオメトリクスを中心とした概要を述べる。

顔は、“ICAO NTWG、 Biometrics Deployment of Machine Readable Travel Documents、 Technical Report、 Version 2.0、 05 May 2004” 及び “ISO/IEC 19794-5:2005、 Biometric Data Interchange Formats – Part 5: Face Image Data” を参照し、Frontal Image として記録するものとする。圧縮形式は、ファイルサイズがより小さくできる JPEG2000 を推奨する。なお、JPEG 圧縮では、12 から 20KB、JPEG2000 圧縮では 6 から 10KB とする。また“ICAO NTWG、 Biometrics Deployment of Machine Readable Travel Documents、 Technical Report、 Version 2.0、 05 May 2004” に従い、顔認識技術の要件を考慮した画像撮影ガイドラインを採用するものとする。

第二のバイオメトリクスとして指紋を用い、“ICAO NTWG、 Biometrics Deployment of Machine Readable Travel Documents、 Technical Report、 Version 2.0、 05 May 2004”、“ISO/IEC 19794-4:2005、 Biometric Data Interchange Formats – Part 4: Finger Image Data.” 及び“ANSI/NIST-ITL 1-2000 Standard “Data Format for the Interchange of Fingerprint、 Facial、 Scarmark & Tattoo (SMT) Information” FBI: Wavelet Scalar Quantization (WSQ). “を参照する。指紋は左及び右の人差し指の、単純な押捺とする。不十分な品質又は人差し指の損傷の場合、中指、薬指、親指の単純な押捺を記録するものとする。品質については“ISO/IEC 19794-4:2005、 Biometric Data Interchange Formats – Part 4: Finger Image Data.”及び“ANSI/NIST-ITL 1-2000 Standard “Data Format for the Interchange of Fingerprint、 Facial、 Scarmark & Tattoo (SMT) Information” FBI: Wavelet Scalar Quantization (WSQ) “による。圧縮形式は WSQ を使わねばならない。圧縮サイズは一指あたり 12 から 15KB を要求する。

データセキュリティ及び完全性の課題については、“ICAO NTWG、 PKI for Machine Readable Travel Documents Offering ICC Read-Only Access、 Technical Report、 Version 1.1、 October 01、 2004” 及び “Advanced

Security Mechanisms for Machine Readable Travel Documents、 Version 1.0、 2006”を参照する。全てのデータに対し、ICAOが必須なセキュリティとして位置づけるとおり受動認証(Passive Authentication)は必須である。また、能動認証(Active Authentication)を選択してよい。

指紋データを導入するか、又はこの文書採択後36ヶ月の後、追加の保護として全てのデータに対しチップ認証が要求される。チップによりサポートされる場合にはEU審査システムはこの機構を用いねばならない。

基本アクセス制御(Basic Access Control)は全てのデータに対し要求される。追加の保護として指紋データのために端末認証が求められる。

権限のない検査システムが指紋データにアクセスすることを阻止するため、もう一つのPKIが導入される。証明書のポリシーは、この文書採択後1年以内にBIG(Brussels Interoperability Group)が定める。

図2-3にIC旅券(e-Passport)でのバイオメトリックデータに関連する規格文書の関連を示しておく。

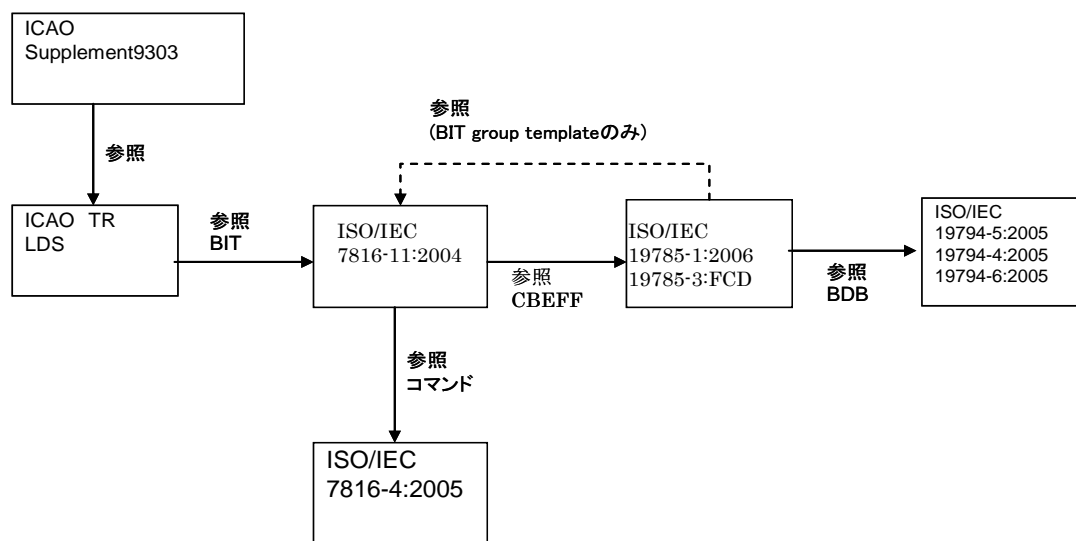


図 2-3 e-Passport で Biometric Data に関連する各規格

2.2. 相互運用の精度評価方法

2.2.1. ISO19795-4 相互運用性性能試験

19795シリーズは性能評価方法の標準であり、英国で発行されたBest Practiceと呼ばれるものが基になっている。19795シリーズは次のようなPartに分けて標準化が推進されているところである。生体認証の性能試験およびレポートのパート4が「相互運用性性能試験」である。

- パート 1：原理およびフレームワーク
- パート 2：技術およびシナリオ評価のための試験方法
- パート 3：個別モード試験方法
- パート 4：相互運用性性能試験
- パート 5：生体認証アクセス制御システムのシナリオ評価

パート4では、生体データ交換フォーマット規格に準拠した生体データを使用する複数サプライヤの生体認証システムの技術およびシナリオ評価方法を規定する。本規格では、以下の評価に必要な要件を明記している。

- 標準交換フォーマット（SIF）に従ってフォーマットされたサンプルから得られる性能
- SIF に従ってフォーマットされたサンプルを交換する際に得られる性能
- 独自仕様のデータ フォーマットに対する、SIF に従ってフォーマットされたサンプルから得られる性能
- 単一製品の性能に対する複数製品にまたがる性能を数値化することによるSIF の相互運用性
- 1 つまたは複数のSIF に従ってフォーマットされた複数サンプルおよびマルチモーダル データから得られる性能
- センサの性能相互運用性

上記に加え、本規格には以下の内容を含める。

- 相互運用可能な実装群を確立するための手順
- すでに確立されている実装群との相互運用性試験の手順の定義
- 相互運用性性能を測定するための試験手順

また本規格では、以下については扱わない。

- 生体データ交換フォーマットの適合性試験の確立
- オンライン データ収集の試験手順

19795-4で示されている一般的な相互運用のフロー図は以下のものである。

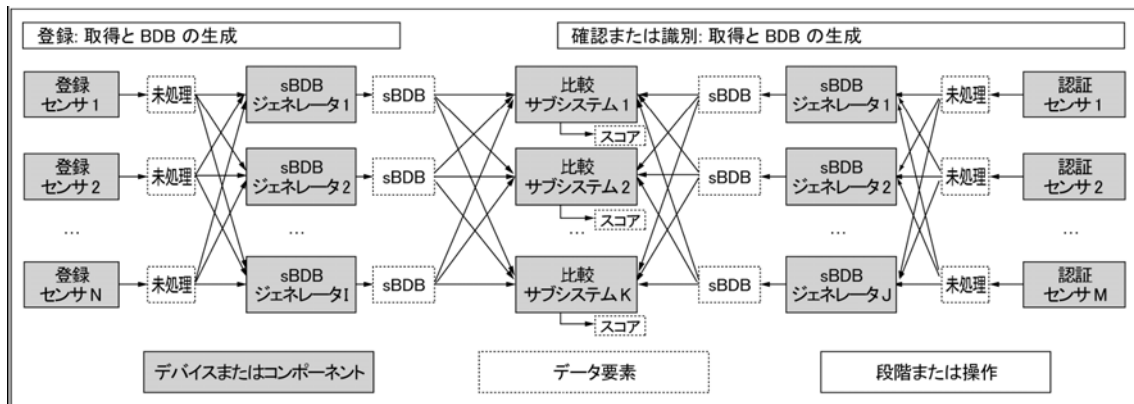


図 2-4 相互運用のフロー図

構成要素はセンサとジェネレータと比較サブシステムであり、センサとジェネレータは登録側と認証側がある。データの相互運用という点ではセンサ出力とジェネレータの出力の2つがありうる。

相互運用性試験は、標準化データを交換する際の性能の数値化に適しており、目標としては以下のものが考えられる。

- タイプ1 性能相互運用性の推定値を生成する。
- タイプ2 規格の作成、実装の作成および試験、必要な修正に対する合意の調停、および規格の更新を行う反復的な策定プロセスの一部とする。試験の各段階には タイプ1 試験が組み込まれる。
- タイプ3 製品の中核グループを相互運用可能として認定するために、タイプ1 試験による相互運用性能の推定値を使用する。
- タイプ4 タイプ3 試験で生成されたものなど、相互運用可能であることが判明している1つまたは複数の実装に対する性能を測定する。この試験は、認定済みの相互運用可能な製品リストに含めるために、1つまたは複数の製品を評価する場合に適している。
- タイプ5 運用性能の予測を行う。

本規格の条項には、特にこれらの試験タイプを確実にを行うための情報を記載している。

また十分性は独自仕様の実装の性能に対するSIFの性能に関するものである。

次に評価指標としては、単一サプライヤに対するもの、異種ジェネレータに対するもの、同種ジェネレータに対するものがあり、異種ジェネレータの場合は

比較サブシステムとの3要素での評価となる。

相互運用可能なサブシステムのグループ化認定の基準とそれに対する報告、既存の認定済み製品との相互運用性についての報告などが示されている。

また、試験実施について、関連する項目の実施条件や注意事項もまとめられている。

付属文書 A (参考情報) では十分性または相互運用性あるいはその両方の試験実施手順が提示されている。なお付録2は19795-4の第4次CDの翻訳である。

2.3. 指紋認証の相互運用実験

本節では指紋の特徴点であるマニューシャ情報を用いたデータフォーマットによる相互運用実証実験の報告書について調査を行った結果を示す。

2.3.1. MINEX

文献名 “MINEX : Performance and Interoperability of the INCITS 378 Fingerprint Template”、 NISTIR7296²

発行元 米国 NIST (National Institute of Standard and Technology)

(1) 発行の目的

米国で相互運用性を目指した指紋特徴データ (マニューシャテンプレート) として標準に制定された INCITS378 “指紋マニューシャテンプレートフォーマット” を用いることで、画像ベースのベンダー固有インプリメンテーションによる照合精度に匹敵する精度を出せるのか、また異なるベンダーによって生成されたマニューシャテンプレートを用いた照合でもエラーレートの増加は無いのかについて NIST が行った実証実験 MINEX の報告書である。

(2) 発行時期

2006年3月

(3) 文献の内容

- 背景

米国には ANSI INCITS378 “指紋マニューシャテンプレートフォーマット” が制定されたことで、高速かつ安価で互換性のある指紋特徴データ (マニューシャテンプレート) による相互運用性の指紋認証製品が提供されるようになるというストーリーがある。しかし、この標準テンプレートを用いることで、画像ベ

² <http://fingerprint.nist.gov/minex04/>

ースのベンダー固有のインプリメンテーションによる照合精度に匹敵する精度を果たして出せるかという疑問が出てくる。そこで、テンプレートデータが生成されたとき、異なるベンダーによる照合でも、エラーレートの増加は無いのか否かについてNISTが行った実証実験がMINEXである。

MINEXではベンダー固有のテンプレートとINCITS378における2つのテンプレート形式(第1の形式であるMIN:Aはマニューシャを(x, y, θ , type, quality)でコード化したものと、第2の形式であるMIN:BはMIN:Aにリッジカウント、コアとデルタ情報を付加したもの)についての照合精度の比較結果をまとめたものである。

- 評価指標と実験規模

MINEXテストには14のベンダーが参加した。すべてのベンダーはMIN:Aをインプリしており、6ベンダーがMIN:Bへの拡張もインプリしていた。またすべてのベンダーの固有技術によるベースラインのインプリも含んでいる。非常に大規模な試行実験を4つのアーカイブされた運用システムからのデータベースによって実施し、ベンダー独自(プロプラエタリ)対標準、およびベンダー間互換性の精度評価の結果を示した。

精度評価は誤非合致率FNMR、誤合致率FMRを用いて行った。Databaseは採取場所が異なる4種類であり、対象は右手、左手の人差し指である。同一指の(genuine)match-pairが493418ペア、異なる指の(impostor)non-match-pairは975890ペアの照合結果をまとめている。

- 実験結果

プロプラエタリのテンプレートはMIN:Aテンプレートよりも優れている。

MIN:Aテンプレート2指を使用しないとプロプラエタリのテンプレートと認証試行で同等精度には達しない。しかしプロプラエタリ2指に比べるとやはり劣っている。

MIN:Bの拡張テンプレートはMIN:Aのテンプレートに比べわずかに良いだけであった。

テンプレート生成でもっとも優れたベンダーが必ずしも照合で優れているわけではなく、逆もそうである。

テンプレート生成ソフトを他のベンダーのものと交換した方が、結果が改善される場合がある。

同じ照合しきい値に設定すると他のベンダーによるテンプレートを用いて相互運用したときには、誤非合致率FNMRが増加し、誤合致率FMRは減少した。最近のNISTのテスト結果や他組織で実施されたテスト結果と同様、照合アルゴリズム間でのエラー率は大きく異なっている。

照合性能はデータセットの品質にも大きな影響を受ける。

精度実測値例

- プロプラエタリの精度 (FMR=0.01 のときの FNMR 値)

表 2-5 Proprietary の 2 指での精度

(a) Proprietary

NF=2	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
FNMR	0.0006	0.0018	0.0032	0.0007	0.0030	0.0061	0.0002	0.0367	0.0051	0.0704	0.0054	0.0126	0.0060	0.0082
Rank	2	4	6	3	5	10	1	13	7	14	8	12	9	11

- MIN:A の相互運用精度 (FMR=0.01 のときの FNMR 値)
縦が登録テンプレートの生成ベンダーであり、横が認証テンプレートの生成と照合処理のベンダーである。性能の良いものでは、FNMR は 0.05 前後である。

表 2-6 MIN:A の 2 指での相互運用精度

NF=2	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	Mean	Rank	Med.	Rank
A	0.0011	0.0092	0.0080	0.0021	0.0130	0.0079	0.0049	0.0248	0.0049	0.0755	0.0292	0.0161	0.0213	0.0210	0.0171	4	0.0111	8
B	0.0027	0.0024	0.0072	0.0018	0.0073	0.0071	0.0017	0.0456	0.0049	0.0589	0.0588	0.0105	0.0083	0.0096	0.0162	1	0.0072	2
C	0.0052	0.0057	0.0032	0.0025	0.0104	0.0031	0.0039	0.0851	0.0081	0.1571	0.1048	0.0177	0.0099	0.0133	0.0307	8	0.0090	6
D	0.0021	0.0046	0.0045	0.0013	0.0097	0.0044	0.0035	0.0325	0.0062	0.0877	0.0442	0.0154	0.0126	0.0103	0.0171	5	0.0080	4
E	0.0025	0.0061	0.0056	0.0028	0.0045	0.0054	0.0035	0.0280	0.0102	0.0900	0.0362	0.0163	0.0147	0.0053	0.0165	2	0.0059	1
F	0.0054	0.0060	0.0032	0.0025	0.0103	0.0031	0.0038	0.0855	0.0081	0.1597	0.1058	0.0177	0.0097	0.0131	0.0310	9	0.0089	5
G	0.0040	0.0032	0.0085	0.0022	0.0061	0.0085	0.0007	0.0308	0.0068	0.0715	0.0693	0.0116	0.0074	0.0084	0.0171	3	0.0079	3
H	0.0084	0.0421	0.0393	0.0143	0.0767	0.0395	0.0384	0.0422	0.0210	0.9999	0.0724	0.0413	0.0753	0.0831	0.1139	14	0.0417	14
I	0.0073	0.0184	0.0252	0.0100	0.0333	0.0249	0.0083	0.1137	0.0056	0.1206	0.1170	0.0207	0.0313	0.0415	0.0413	12	0.0250	12
J	0.0077	0.0119	0.0259	0.0082	0.0276	0.0257	0.0070	0.1572	0.0103	0.0640	0.5736	0.0198	0.0296	0.0297	0.0713	13	0.0258	13
K	0.0018	0.0130	0.0108	0.0051	0.0134	0.0109	0.0049	0.0280	0.0068	0.0929	0.0275	0.0270	0.0313	0.0234	0.0212	7	0.0132	10
L	0.0115	0.0109	0.0218	0.0097	0.0258	0.0213	0.0066	0.0795	0.0105	0.0861	0.1123	0.0113	0.0267	0.0254	0.0328	10	0.0216	11
M	0.0099	0.0096	0.0106	0.0049	0.0116	0.0108	0.0039	0.1007	0.0134	0.1573	0.1929	0.0247	0.0061	0.0211	0.0413	11	0.0112	9
N	0.0063	0.0077	0.0086	0.0042	0.0094	0.0087	0.0056	0.0368	0.0104	0.0862	0.0353	0.0169	0.0157	0.0081	0.0186	6	0.0090	7
Mean	0.0054	0.0108	0.0130	0.0051	0.0185	0.0129	0.0069	0.0636	0.0091	0.1648	0.1128	0.0191	0.0214	0.0224				
Rank	2	5	7	1	8	6	3	12	4	14	13	9	10	11				
Med.	0.0053	0.0084	0.0086	0.0035	0.0110	0.0086	0.0044	0.0439	0.0081	0.0889	0.0709	0.0173	0.0152	0.0171				
Rank	3	5	6	1	8	7	2	12	4	14	13	11	9	10				

- DET カーブ
MIN:A のテンプレート 1 指での FMR と FNMR のトレードオフを示しているグラフである。
左下ほど性能が良いことを示している。たとえば、ベンダーA、G は FMR=0.001 で、およそ FNMR=0.02 であることわかる。

(a) Single finger : MIN-A Template

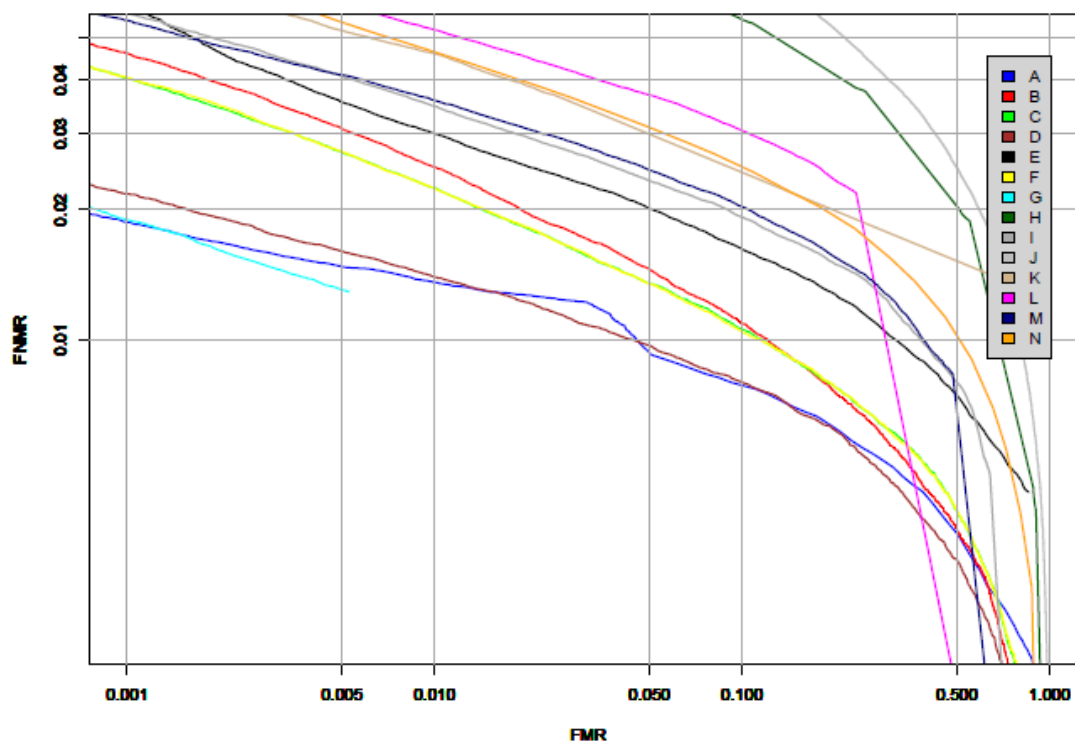


図 2-5 MIN:A の 1 指の DET カーブ

- MIN:A のテンプレートサイズ、処理速度について
MIN:A では図 2-6 に示すように 300Bytes 前後のものが多かった。グラフは 4 種類のデータベースに関し、各ベンダー毎のテンプレートサイズを 4 分割点で示したものである。
- MIN:B のテンプレートサイズ、処理速度について
およそ MIN:A の 4 倍のサイズ、1200bytes 前後であった。テンプレートの生成時間は短い方で 100ms 強、長いもので 1400ms であり、数百ミリ秒のオーダーである。
照合処理時間は短いもので 1ms 以下で、長いもので 70ms であり、数ミリ秒のオーダーである。

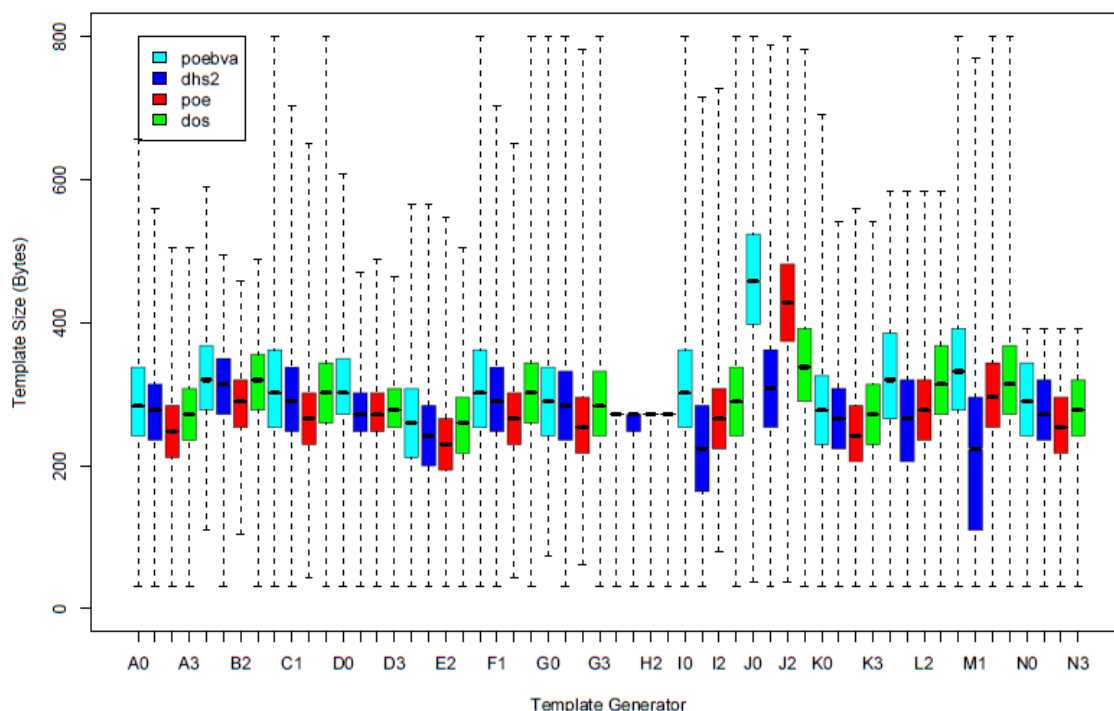


図 2-6 MIN:A のテンプレートサイズ

(5) 課題と考察

マニューシャデータはMIN:Aで300bytes程度であり、MIN:Bやプロプラエタリでも1Kbytes強のサイズである。つまり画像データの10-12Kbytesに比べ、1桁データが小さくなる。このことはICチップ内のメモリに格納したりする際に、メモリ容量が少なく済み、また転送処理の時間も短縮できるというメリットがある。複数指を使うことで、標準データフォーマットでもプロプラエタリの性能に近づくことができる点は期待できるが、相互運用性を維持できるレベルの精度は、高精度なプロプラエタリ製品に比べると1桁以上劣っていることがわかる。特に大規模なDBとの照会では高精度を必要とするであろうが、ICカード内データとの1対1の認証用として高精度を要求しないのであれば、標準データ形式もある程度利用できると言えるであろう。ただし、まだ相互運用可能なベンダー数はあまり多くなく、性能差があることも事実である。

2.3.2. ILO ISBIT

文献名 ILO Seafarer's Identity Documents Biometric Testing Campaign Report (船員手帳実証実験レポート)

発行元 ILO (International Labour Organization)

ILO Seafar's Identity Documents and Port SecurityのWebサイト³にて公開

(1) 発行の目的

ILOでは、港湾セキュリティの向上を目的に、2003年の船員手帳に関する条約改定第185号(2カ国以上の批准により2005年2月発行済み)に基づいた、指紋認証技術を適用した新たな船員手帳(SID:Seafarer's Identity Document)の導入を進めている。

本実験レポートは、上記の条約改定第185号の発行に向け、2004年にILOで実施された指紋認証技術の実証実験(Biometric Testing Campaign)の結果を報告している。

本実験は、指紋認証を適用した新たな船員手帳を展開するにあたっての技術的な不明点を明らかにし、SID技術仕様に適合した指紋認証製品のリストを作成することを目的としている。

そのため、本実証実験では、①指紋認証製品の船員手帳技術仕様への適合性、②実際の船員を対象とした各製品の性能(照合精度)、③左記にて製品間でテンプレートを交換した場合の相互運用時の性能(照合精度)のそれぞれについて評価実験を行っている。

(2) 発行時期

実験レポート本体である、"Biometric Testing Campaign Report Part I"(2004年11月)と、より詳細の分析結果を示したレポート補遺"Addendum to Part I"(2005年)がそれぞれ発行されている。

(3) 文献の内容

実証実験は、指紋認証装置ベンダーから指紋認証装置(指紋スキャナ及びソフトウェアモジュール⁴)を公開募集して実施された(計18社参加)。

実験は、以下の項目が実施された。

① 実験室試験(Phase1)

参加各社から提供されたソフトウェアモジュールの動作確認、生成され

³ <http://www.ilo.org/public/english/dialogue/sector/sectors/mariti/security.htm>

⁴ BioAPI Specification ver1.1(ANSI/INCITS 358-2002)で規定されるBSP(Biometric Service Provider)の形態でモジュールを募集した。

る生体データ(BIR)の適合性(Conformance)の試験が実施された。

② 船上試験(Phase2)

実験室試験(Phase1)に合格した製品を対象に、様々な職種の実際の船員126名を対象に精度評価実験を実施した。

実験は各被験者に対し、計3回のデータ採取(2週間ずつ期間を空けオペレータのガイダンス方法を変更して実施)を行い、各製品の照合精度と、異なる製品のテンプレートに対し照合した場合(相互運用時)の照合精度を評価した。

登録用、照合用のデータ採取方法はILOの船員手帳の技術仕様SID-0002に従い、実運用に即したシナリオに従い採取を行っている。登録は決められた指種の優先度に従い2指登録とし、登録、照合時とも各指最大3回までの指の置きなおしを許可している。

● 実験結果

実験室試験(Phase1)では参加18社中7社の製品が合格し、それらを対象に船上試験(Phase2)による照合精度評価を実施した。

その結果、7社の製品のうち、ILOの要求精度(FAR 1% 閾値でFRR 1%未満)を満たす製品は2社との結果となった。以下表2-7に各製品の照合精度の評価結果を示す。(表中の”Key Visit”はもっともガイダンスをしっかりと行った第3回目の採取データを用いた実験、”Combined Visit”は3回の採取全体での集計、”Observed”は各ベンダー設定閾値での精度を示す。)

また、異なる製品のテンプレートを対象とした相互運用時の評価実験においても、上記と同様の2社(A社-F社)の組み合わせで最も照合精度が良い結果となったが、ILO要求仕様を満たす結果とならなかった。すなわち、F社テンプレートに対しA社照合データの組み合わせではILO要求仕様を満たすが、その逆の組み合わせでは1.6%となり満たさない結果となった。以下表2-8にその結果を示す。

表 2-7 単一製品間での照合精度

Table 4. Ranked Product Performance						
	Key Visit FRR			Combined Visits FRR		
	1% FAR	2% FAR	Observed	1% FAR	2% FAR	Observed
Rank 1 Products						
Product	A and F	A and F	A and F	F	F	A
FRR	0.0%	0.0%	0.0%	0.3%	0.3%	0.0%
Rank 2 Products						
Product	-	-	-	A and G	B	F
FRR	-	-	-	1.9%	1.49%	0.3%
Rank 3 Products						
Product	G	G	G	-	G	C
FRR	1.6%	1.6%	1.6%	-	1.53%	1.1%
Rank 4 Products						
Product	C	C	B	C	A	G
FRR	1.7%	1.7%	2.46%	2.4%	1.9%	2.7%
Rank 5 Products						
Product	E	B	C	E	C	E and F
FRR	4.9%	2.1%	2.48%	3.2%	2.2%	3.5%
Rank 6 Products						
Product	D	E	E	D	E	-
FRR	21.1	4.9%	4.9%	20.2%	3.2%	-
Rank 7 Products						
Product	B	D	D	B	D	D
FRR	-	20.9%	21.3%	-	11.5%	20.4%

表 2-8 2 製品間の相互運用時の照合精度(Key Visit)

Table 5. Interoperability Score-Based FRR for Key Visit at 1% FAR*										
	Product (Sensor and BSP)								Aggregate Mean	
	A	C	D	E	F	G	Mean			
Template	A	0.0%	3.6%	19.8%	52.0%	1.6%	40.6%	19.6%	A	11.1%
	C	0.0%	1.7%	40.2%	5.5%	59.4%	3.0%	18.3%	C	17.7%
	D	9.4%	40.4%	21.1%	49.7%	22.2%	37.0%	30.0%	D	38.8%
	E	1.0%	6.3%	72.7%	4.9%	1.8%	3.6%	15.2%	E	20.9%
	F	0.0%	4.9%	65.0%	41.9%	0.0%	27.3%	23.2%	F	20.1%
	G	4.3%	46.6%	66.6%	6.3%	17.0%	1.6%	23.7%	G	21.3%
	Mean	2.6%	17.2%	47.6%	26.7%	17.0%	18.9%	21.7%		

*Product B removed since unable to produce FAR of 1%

本実証実験の指紋認証装置の照合精度の評価結果は、NIST で実施された指紋マニピュレーシャの相互運用性を検証した実証実験 MINEX など他の実証実験の結果と比較して、全般的に必ずしも良い結果ではない。

本実験では、製品単体の性能で ILO 要求仕様を満たしたのは2社、相互運用時については適合製品なしの結果となっている。

上記の理由として、本実証実験では、ISO/IEC CD 19794-2 の指紋マニューシャデータ仕様に適合した指紋認証装置を対象としているが、本仕様は規格策定途中の CD 段階のドラフト版であり、また実験参加ベンダー募集のアナウンスから製品提供時期が短かったこともあり、各社の上記仕様の製品化の対応が不十分だったことが考えられる。

また、本実験レポートの補遺である”Addendum to Part I”の中では、船員手帳の技術仕様 SID-0002 及びそこでの参照規格の ISO/IEC CD 19794-2 について、以下の点を課題として挙げている。

- マニューシャのタイプ
マニューシャのタイプ” Other(その他)” の定義が明確でない点。
- マニューシャの間引き
マニューシャが規定個数よりも多く検出された場合に、マニューシャの品質に基づき間引きを行うとされているが、品質の定義が明確でないため各ベンダーで間引き方法が異なる点。
- マニューシャの方向
マニューシャの方向の定義が曖昧なため、各ベンダーで算出方法が異なる点。

上記の3つの課題については、その後の SID-0002 の改定時に”Additional guidance and clarification”が追加され対策がなされている。そこでは「マニューシャのタイプ」については、照合アルゴリズム側で”Other”タイプ分類の曖昧性に柔軟に対応するよう言及しており、また「マニューシャの間引き」の問題については指紋の外周から間引きする方法を新たに規定し、「マニューシャの方向」については推奨の定義を示している。

上記の対策による相互運用性能の向上については、SID-0002 改定後の実証実験 ISBIT-3 (2005~2006年に実施。2007年2月時点で結果未公開。)及び2007年実施予定の ISBIT-4 の結果にて明らかになると思われる。

2.3.3. その他

2.3.3.1. Minutia Template Interoperability Test

文献名 MTIT_D32_TestCerProtocol.pdf.⁵

MTIT_D31_CriteriaInteroperability.pdf、MTIT Presentation、CEN、December 2006⁶

発行元 MTIT PROJECT (EC がスポンサー、IST-2005-027351)

(1) 目的

EU では VISA、パスポートなどの旅行文書に指紋を入れることにした。指紋の画像ではなくマニューシャレコードの利用は、プライバシー面、記録容量、処理時間で有利である。しかし、マニューシャレコードの相互運用性がわかっていないため、そのテスト方法、相互運用性認定の判断基準などを検討する。

(2) 時期

- 第1セッション 7ヶ月 (予定)
- 第2セッション 7ヶ月 (予定)

(3) 内容

本文献が掲載されている WEB サイトが開設されている。それによれば、参加機関は NPL、Cogent、Daon、Motorola、EBF、Austrian Research Center、NEC、Sagem Defence Securite、Fraunhofer、CWI となっている。

活動は6つのワークパッケージで構成されているという。

WP1: マネジメント

WP2: 指紋画像データベースの開発

WP3: 相互運用性テストの基準定義

WP4: マニューシャ互換性のテストベッド開発

WP5: テスト実施、相互運用性の改善

WP6: 将来のシステムへの相互運用性の提供

Cogent、Motorola、Sagem、NEC が指紋照合のベンダーで参加している。なお、自動コンFORMANCEチェックを行っているがその詳細はわからない。またデータフォーマットでは Proprietary、Record、Card の3種のテンプレートの組み合わせを実施しているが、Proprietary の指す具体的な意味がよくわからない。なお、試験データは右人差し指と左人差し指であり、ベンダー提供を含む18

⁵ <http://www.mtitproject.com/>

⁶ 同上

のDBで実験を行うとしている。おそらく、2008年度中には結果の詳細な報告書を見ることができないのではないかとと思われる。

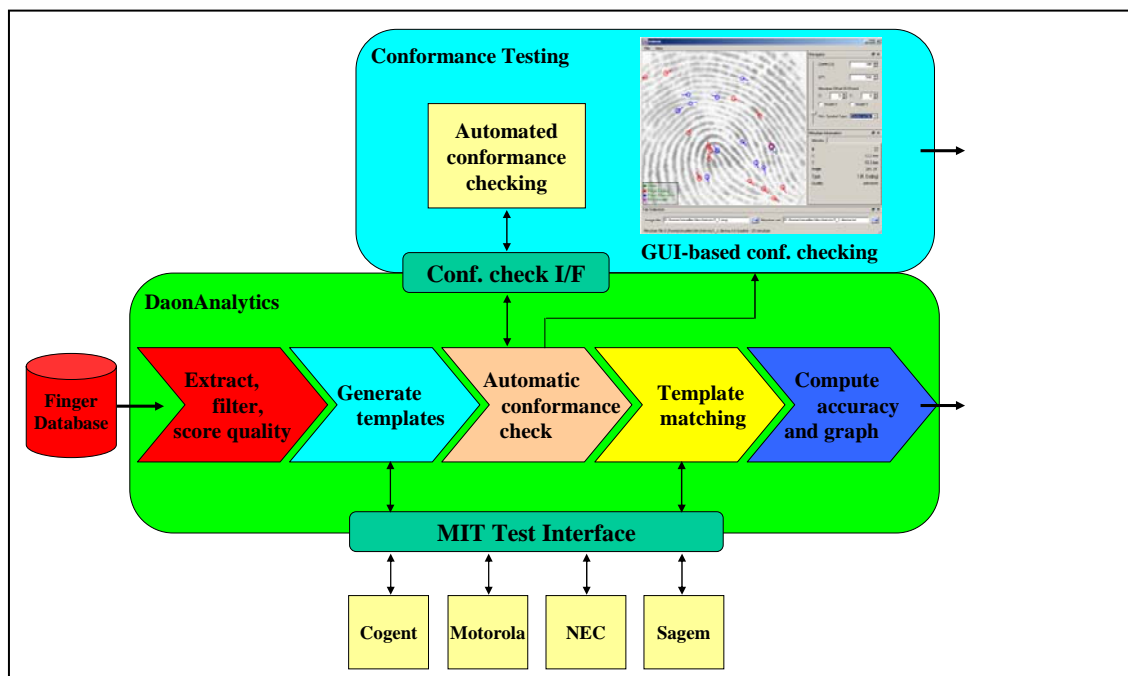


図 2-7 MTIT 実験のブロック図

- 実験の組み合わせには、以下のような組み合わせが挙げられている。
- プロプラエタリテンプレート登録、プロプラエタリテンプレートで照合
- レコードフォーマットで登録、プロプラエタリテンプレートで照合
- カードフォーマットで登録、プロプラエタリテンプレートで照合
- レコードフォーマットで登録、レコードフォーマットで照合
- カードフォーマットで登録、カードフォーマットで照合、

● データベース

表 2-9 18種のデータベース

1.	Fingers		
	#2	#7	#2 & #7
Sagem (1000)	✓	2.	✓
Cogent (1000)	✓	3.	4.
Motorola (1000)	✓	5.	6.
NEC (1000)	7.	8.	9.
ARCS_A Enrol: LS2 (530) Verify: LS2 collected on same day	✓	✓	✓
ARCS_B Enrol: LS2 (530) Verify: Crossmatch collected on same day	✓	✓	✓

- 現時点での知見（第1セッション後と思われる）のまとめ⁷
 - DBにより性能の差が大きい
 - MINEXと同様に、精度は 標準2指>プロプラエタリ1指>標準1指
 - プロプラエタリ対標準の方が標準対標準より少し精度が良い
 - レコードフォーマットの方がカードフォーマットより少し精度が良い
 - 異なるベンダーの標準テンプレートでも相互運用性は平均的に類似
 - 照合アルゴリズムで性能に差が出る
 - 相対的な相互運用性はどのデータベースでも類似している
 - カードフォーマットは大きな画像のとき問題あり（標準には最大サイズの規定はない）
 - 異なるデータベースがアルゴリズムの問題点を明らかにした
 - 第2セッションではすこし計算処理を減らした実験が必要
 - テンプレート生成の時間はどれも差はあまりない

⁷ http://www.mtitproject.com/MTIT_D31_CriteriaInteroperabililty.pdf
MTIT Presentation、 CEN、 December 2006

(4) 考察

MINEX とほぼ同様な結果のようである。細かな活動内容が見えないが、第2セッションがこれから始まる模様であり、相互運用性が改善されるか興味深い。なおフォーマットでは、プロプラエタリ、カードフォーマットなど、多数の組あわせを調べているので実験の実施にはかなり時間がかかるのではないかと思われる。

2.4. 技術文献調査のまとめ

2.4.1. 標準化文書の問題点 (defect、amendment 状況)

指紋データの互換性という面では、指紋画像を用いることが現時点では確実な方法である。また、画像データの圧縮については、これまでの研究から、専門家による目視確認を行うための品質を保持しているという意味で、WSQ 圧縮方式で上限 15:1 が標準的になっている。このことから指紋画像データ交換フォーマット 19794-4 の完成度はかなり高いといえる。しかし、よりデータサイズを小さくし、IC チップへの格納やデータ転送を効率化することのできる、指紋マニューシャデータ交換フォーマット 19794-2 への関心は高まっている。

19794-2 については Defect を指摘する寄書がドイツから出てきており、今後は ILO や MINEX などの実験結果の知見を反映して、より相互運用性を高めるための改訂作業 (Amendment 作成) が進められようとしている。またフォーマットへの準拠性の試験方法の標準化もスタートしている。ここ2年程度で、これらの作業が進むと思われ、本委員会の調査研究成果はそれらの活動へ寄与できる可能性が高いと思われる。なお、既に実証実験などからわかっている課題と思われる事項については、次節 2.4.2 の「相互運用実験からの問題点」でとりあげておく。

相互運用性の性能評価の標準である 19795-4 はまだ FCD 段階である。そこでは、相互運用可能な実装製品グループを確立するための性能評価方法の枠組みが書かれているが、具体的な評価実験の仕様項目を規定し、準拠して実行した事例はまだ無い。しかし、今回 19795-4 を調査した限りでは、以下のような部分で、より明確な精度評価実行の指針が必要なのではないかと思われる。

- 追加認定の具体的な仕組み

相互運用認定済みのすべての製品を揃えての実験は、製品数が増えるにしたがって困難になると予想される。また、技術的な進歩により、従来の互換製

品が、新たな互換製品グループの中では精度的に他と比較して、低くなってしまふことも考えられる。もちろん後方互換性は維持する必要があるが、より高精度な互換製品グループというものを設定することもできるのではないかと考えられる。

また評価用の指紋データやソフトの保存に関しても、その機関の継続性の問題があろう。特にデータに関しては、新しいセンサの出現により、データセット自体の陳腐化も考えられる。

このような問題点に対して、容易に思いつくことの1つは、互換性認定に対する有効期限や条件の明確化であり、また精度レベルに応じた複数のランクを設けることなどである。

- より複雑な評価基準

相互運用の認定基準自体では絶対的な精度は言及されていない。しかし、現実の応用を考慮した場合、なんらかの精度レベル設定も必要なのではないかと思われる。また、マルチモーダルでのフュージョンではシングルモダリティの性能が隠れてしまう可能性が指摘されているが、これらに対する具体的な評価手順も必要になると考えられる。

なお、次節で述べる問題点からも明らかなように、照合性能はセンサ、環境、アルゴリズムなどの非標準化要因に大きく左右されることも事実であり、他の分野とは異なるバイオメトリクスに特有なこの部分を如何に扱うかは今後も大きな課題となるであろう。

2.4.2. 相互運用実験からの問題点

本節では相互運用を阻害する要因について、文献調査や実証実験の結果を踏まえて考察し、相互運用の問題点としてまとめておくことにする。

2.4.2.1. データフォーマットの問題（conformance、algorithmの差）

特徴点の位置に関して、座標系の違いがある場合がある。例えば、座標原点をコアの位置にするものや、画面左上にするものがある。y軸の向きを画面下向きが+のものや-のものがある。また特徴点の方向に関して、方向角の量子化きざみが違う場合がある。特徴点のタイプに関して、端点、分岐点を厳密に区別するものとそうでないものがある。前提としているセンサの解像度が違うものもある。したがって、データフォーマットの厳密な規定と、その要求仕様へ

の厳密な適合が必要である。

2.4.2.2. データ採取環境要因（物理特性、操作特性）

(1) 物理特性

光学式指紋センサにおいて、直射日光や非常に明るい照明等がセンサ面に入る場合には、指紋画像を正しく取得できない場合がある。したがって、特に光学式の指紋センサの場合には、直射日光や強力な外部照明等が直接センサ面に入らないように、設置場所を選択するか、あるいは、外部照明等を遮る覆いなどの処置を施す必要がある。またセンサ表面に付着した残留指紋が、外部からの照明により浮き上がり、指が置かれていないにもかかわらず、指紋画像として誤って取得されるケースも存在する。この場合も、センサ表面を絶えず清掃するのは、現実的でないので、直射日光や強力な外部照明等が直接センサ面に入らないように、設置場所を選択するか、あるいは、外部照明等を遮る覆いなどの処置を施す必要がある。

(2) 環境特性

冬季など低温・低湿度な環境条件では、指表面が乾燥しやすくなり、そのために、取得する指紋画像の品質が低下する場合がある。逆に、夏季など高温・高湿度な環境条件では、指表面の湿り気が多すぎるようになり、そのために、取得する指紋画像の品質が低下する場合がある。したがって、指紋センサを設置する周囲の温度や湿度環境にも、考慮すべきである。

(3) 操作特性

利用者が立ったまま操作する場合、センサの設置位置の高さや、センサの設置の向きによって、指置きの変りやすさが変わってくる。個人によって身長の違いがあるので、平均的な身長の人に合わせてセンサの設置位置を決めざるを得ず、極端に背の高い人や極端に背の低い人は操作がやりづらくなり、取得する指紋画像の品質が安定しない場合がある。イスに座って操作するようにしたほうが、個人の身長差の影響が少なくなるので、一般に取得する指紋画像の品質は安定しやすい傾向にある。また、右手での操作を前提として設置すると、左手で操作しようとする、体がねじれたりして無理な姿勢となり、取得する指紋画像の品質が安定しない場合がある。また指の置き方に関しては、指置きの圧力やセンサ面への接触状態に関して、ある程度、操作に習熟しないと、取得する指紋画像の品質が安定しない場合がある。

2.4.2.3. 被験者の指特性（湿乾、表面）

光学式指紋センサの場合、指の表面が乾燥しすぎている、逆に指の表面が湿りすぎていると、取得する指紋画像の品質が低下する可能性がある。乾燥しすぎている場合には、クリーム等を塗布することによって、ある程度の湿り気を持たせたり、逆に湿りすぎている場合には、ふき取りを行ったりなどの処置をユーザに求める必要がでてくるケースも考えられる。また指の表面が汚れていたり、特にマジック等が指表面について黒くなっていたりすると、取得する指紋画像の品質が低下する可能性がある。この場合には、手を洗浄してもらるか、ウェットティッシュ等でふき取るなどの処置をユーザに求める必要がでてくるケースもある。

2.4.2.4. その他

指紋センサに適切に指を置いてもらい、高品質な指紋画像を取得するためには、ユーザへのガイダンスを適切に行う必要がある。そのためには、指紋画像を取得する S/W の GUI 表示の工夫や、指紋画像の取得を支援するオペレータの教育等も重要である。

3. 19794-2 相互運用実験

3.1. 実験の狙い

本年度行った相互運用性実験の内容について述べる。本年度は時間的、リソース的な制約もあり、相互運用の基本機能面に限定して評価実験を行った。19795を参考にはしているが、現実的な相互運用性評価の課題を明らかにすることと、実際に標準互換フォーマットを利用できるようにすることを考慮し、以下のような実験範囲を決めた。

- 実験の範囲
- 1. 19794-2の標準マニューシャ互換フォーマットのみを扱う
- 2. コンフォーマンスは前提とする
- 3. オフライン評価に限定する
- 4. Verificationのみとし、Identificationは対象外とする
- 5. センサ依存性の高い未対応は分析対象外とする
- 6. 相互運用性に問題が存在しているか否かの確認実施

19794-2を対象にしたのは、実証実験が複数行われていることからわかるように今後の実用化が最も期待されているからである。19794-4の指紋画像は品質値に課題はあるが、この点は19794-2と共通している。それ以外の点では、画像でしかできない目視による確認を条件とすれば、WSQ圧縮率1/15などで事実上のデータ標準化はほぼ完成していると言えよう。

データフォーマットのコンフォーマンスは必要ではあるが、ここでは参加ベンダーの責任として評価実験側でのコンフォーマンスチェックの実施は省略した。大規模実験や追加実験を考慮し、またTechnical Evaluationでのアルゴリズム評価を主とすることから、オフライン評価に限定することにした。Identificationは複数ベンダーのテンプレートを混合して行わなければならないため、実施は困難と考えた。センサは複数用意して互換性の評価を行うが、あくまでセンサで取得できた画像を対象とした評価にとどめる。このため未対応に関連するRetry、Attempt/Transactionの考慮は今回見送っている。また登録は1指/人、照合評価は1指単位で行うことにする。すなわち2指照合は次年度以降の課題とする。

相互運用可のグループ判定については、今回の実験では参加製品数が3つしかなかったということや、基本機能面の調査を目的としていることから、相互運用性に問題が存在しているか否かの確認実施を第一の目標とし、その問題点

から、判定方式についての課題分析と考察を行うことにした。

3.2. 実験評価方法

(1) 19794-2 Record 形式 (Option 無)

- デフォルト値を以下のように設定した
 - ① Format Identifier : “FMR “
 - ② Version : 0x0020
 - ③ Capture : 0x0
 - ④ Image Size: Scanner dependent
 - ⑤ Resolution: 197 (500ppi)
 - ⑥ Number of views : 1
 - ⑦ Finger position: 2、3、4、7、8、9
 - ⑧ View Number、Impression Type : 3
 - ⑨ Finger Quality: 100
 - ⑩ Quality : 100
- Don't Care 指定
今回の実験ではマニューシャの x、y 座標と方向データ以外は Don't Care で扱う。
- ファイル名に加える情報
Finger Position 情報やスキャナの識別情報などはファイル名によって示すことにした。
- サンプルデータ配布 (FVC のデータを利用した)
- Technical Evaluation (Scenario Test は無し)
- Off Line テスト のみ (UI を含まない)
- ファイル名規則 (画像ファイルも拡張子が異なるだけで同形式)

N????ff-XYX-A1-hhmmss.ext

???? : 4 桁被験者の個人 ID

ff : 指番号

0 2 右手人差し指

0 3 右手中指

0 4 右手薬指

0 7 左手人差し指

0 8 左手中指

09左手薬指

X：採取回数、

YY：フレーム番号

1文字：センサ機種記号 AはACCO、VはVerifier

1桁数字：センサ機番

6桁数字：hhmmss時刻

(2) 指紋採取の人数、方法

詳細は小委員会2の報告書を参照されたい。

スキャナ：Smith Heimann ACCO1394

Cross Match Verifier 300 LC2

NEC PU800-30

Mitsubishi DT-TP

採取対象指：右人指し指、右中指、右薬指、左人指し指、左中指、左薬指
各指で3枚ずつ画像を採取

(一部は、約0.5秒間隔で数フレーム採取を行っている)

ボランティア 300名超から採取した

(3) 実験データの選択

時間・工数の制約から小規模実験となった

- ACCOとVerifierの2種類の光学から3枚ずつ採取したうちの、2枚目、3枚目選択した。
- 右人差し指の100本を目視で比較的品质の良いものを選択した。
- カードに登録するものとして、NISTソフト(mindtct)による特徴抽出結果を想定することで、実験の組み合わせを削減した。

3.3. 単体性能と相互運用性能

図3-1は特徴抽出処理によるテンプレート作成までのデータの流れを示す概念図である。光学式スキャナは一般に採取面積も大きく、IQSという規格もあることから、広く用いられている。今回使用したACCO1394、Verifier300はともにIQSを取得してはいないが、その廉価版として市販されているもので、業務用で広く用いられている機種である。

特徴抽出はNISTのmindtct⁸と参加ベンダー製のものとなる。図3-1ではX, Y, Zの3社になっているが、今回の実験では2社のみ参加であった。mindtctの出力はxyt形式と呼ばれるものである。そこで、これを19794-2形式に変換するツールを作成している。この図3-1で19794-2データは登録テンプレートデータとなる。

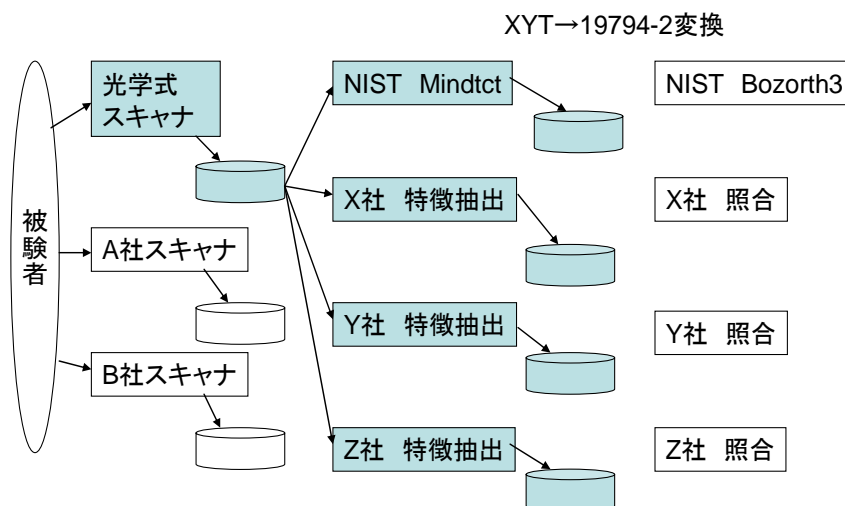


図3-1 特徴抽出データ作成までのデータの流れ

図3-2は単体性能の評価実験の処理フローを示す概念図である。スキャナで採取した、認証用画像を入力として特徴抽出を行い、登録済みテンプレートとの照合処理を行い、スコアを算出する。NISTの照合ソフトはbozorth3⁹というものであり、実際にはxyt形式を入力とするソフトウェアである。なお照合ソフトの参加ベンダーも2社であった。

⁸ <http://fingerprint.nist.gov/NBIS/index.html>

⁹ 同上

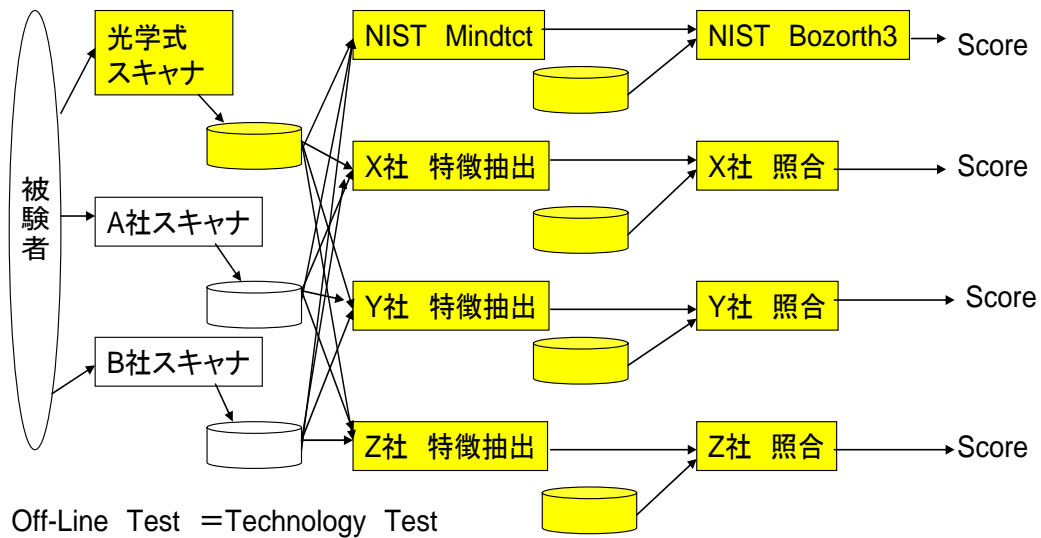


図 3-2 単体性能の実験の処理フローの概念図

照合ソフトは 19794-2 形式の 2つのファイルを入力して照合スコアを出力する。したがって、画像単位での照合 Score 出力（1指単位）のログを採取する。

3.4. クロス性能

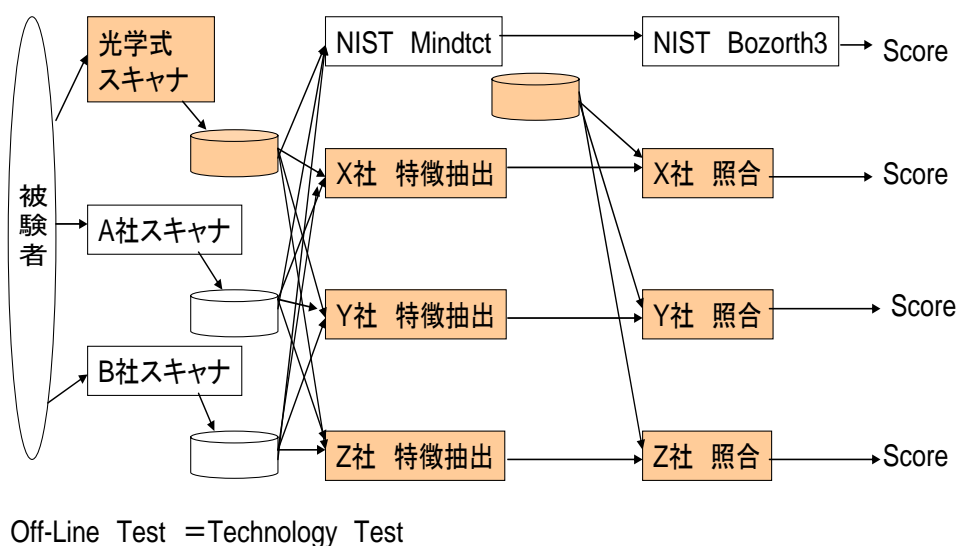


図 3-3 NIST データとの相互運用実験の処理フロー図

クロス照合は登録側とは異なるベンダーの特徴抽出結果を用いて照合を行うものである。特徴抽出のプログラム（19795 でのジェネレータ、generator）と照合のプログラム（19795 での比較サブシステム、Comparison Subsystem）との組み合わせになる。

下記の表 3-1 は NIST と A 社、B 社という 3 製品での性能評価実験の組み合わせとその精度評価の記録様式を示している。この表は比較サブシステムごとに 1 つ作ることができる。19795-4 では、表の左上の Cell に比較サブシステムを記載する例が出ている。ここで対角線上の①は単一性能評価（単一ベンダー）であり、②が NIST の特徴抽出結果を登録側としたときに相互運用評価（クロス）での評価を示している。

なお、この表ではある動作点での性能を記入する形式であって、FMR=0.001 における FRR 値や、ERR 値などしかわからない。一般には複数の FMR の動作点の値を比較する必要があるので、性能を見るのに必ずしも適した表記法ではないが、比較には便利は形式である。

本報告書では、2 つの特徴抽出と比較の 3 つの部分のベンダーを並べた表記で、実験の組み合わせを表すものとする。すなわち、NIST-A-B は NIST とベンダー A の特徴抽出結果をベンダー B の照合プログラムで処理する場合とする。このとき、閾値を振ることで FMR と FNMR の関係を示す、ROC カーブ、あるいは DET カーブと呼ばれる特性曲線が得ることができ、これにより性能比較結果をグラフにビジュアル化し、性能比較を容易にすることができるため、主にこの表記を用いている。

表 3-1 性能評価実験記録表

一般に、ある指定された FMR 値のときの FNMR 値を記載する

比較サブシステム		照合側		
		NIST	A 社	B 社
登録側	NIST	①	②	②
	A 社		①	
	B 社			①

今回、特徴抽出と照合のソフトウェアについて参加したベンダーは NEC と SecureDesign（以下 SD と略記する）の 2 社で各 1 製品であった。

また、指紋スキャナについては NEC より PU800-30、三菱電機より DT-TP の各 1 台の提供があり、一部の被験者ではあるが、光学式スキャナと合わせて採取を行っている。

3.4.1. 登録（特抽）と照会（特抽+照合）の組み合わせ実験

今回は時間、工数の関係から、すでに3.2(3)の「実験データの選択」で述べたように、光学式センサの右人指し指100指を対象に実験を行った。各3枚ずつ画像を取得していたが、2枚目と3枚目の画像を対象とした。これは1枚目にくらべて、慣れにより画像品質が良いのではないかと考えたからである。また、一部の方は4種類のセンサで採取している。そこで、異センサデータ間での簡単な精度評価についても、100指のうちの10指についてだけ行うことにした。10指としたのは、時間的な制約からであり、主に品質面を中心に分析を行っている。

これら個々の詳細な実験のフローについては付録4、実験結果については付録5-付録9を参照願いたい。

3.4.2. 相互互換性についての評価

- ・ ISO/IEC19794-2 形式による相互運用は可能であるが、高精度の実現には問題があることが確認できた。

図3-4はACCOセンサの2枚目とVerifierセンサの2枚目を、NIST-NIST-NIST、NIST-SD-SD、NIST-NEC-NECで処理したときの結果である。この例からわかるように、他ベンダーによる特徴抽出結果との照合を行っても、それほど性能差がない場合があり、相互運用の可能性を示しているといえる。

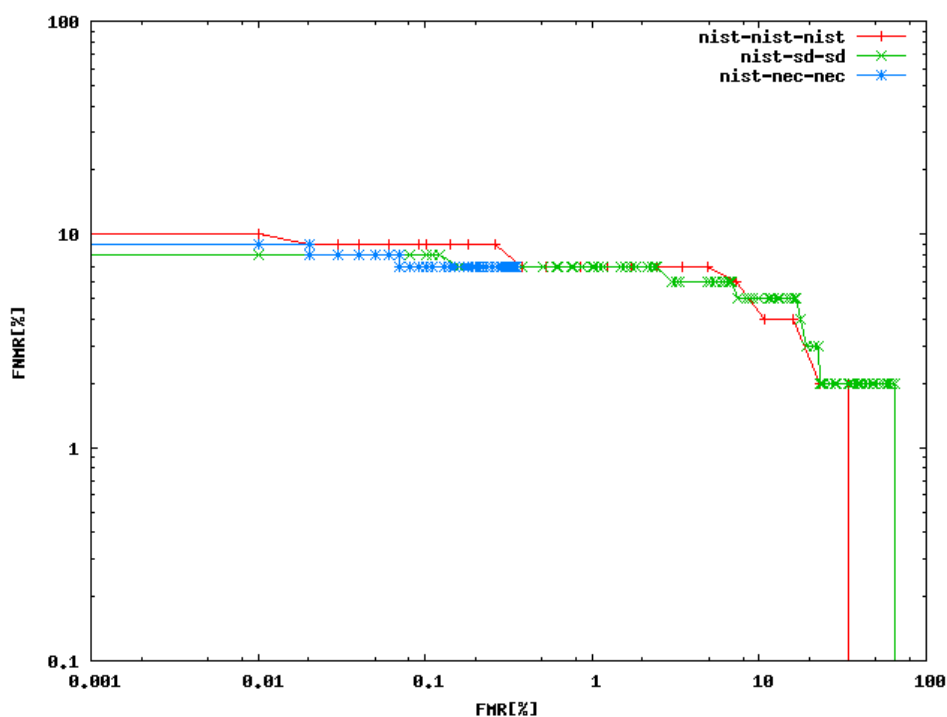


図 3-4 ACCO の 2 枚目と Verifier の 2 枚目の照合結果

- ・ 単体性能での FNM エラーで、擦れ、皺が主要因とみられるものが見られた。

図 3-5 では最も精度が出ている nec-nec-nec でも、FNMR=1%で限界になっていることがわかる。すなわち100指のうち1組が照合できなかったのであるが、これについて原画を参照してみたところ、隆線が擦れていることがわかった。それ以上の詳細な分析は行っていないが、画像品質が悪かったために照合できなかったものと推察される。同様に Verifier の 2 枚目と 3 枚目の場合も 1 組の FNM が出ており、これについても原画を参照したところ、皺が多数あることが判明し、これも画像品質の問題であると考えられる。このことから、今回の 100 指データのセットにはかなり低品質なものも含まれていることが予想される。なお、実用的な相互運用性の課題を調べる意味では、データ数が少なくてもデータ品質にバリエーションがある方が使えるデータともいえよう。

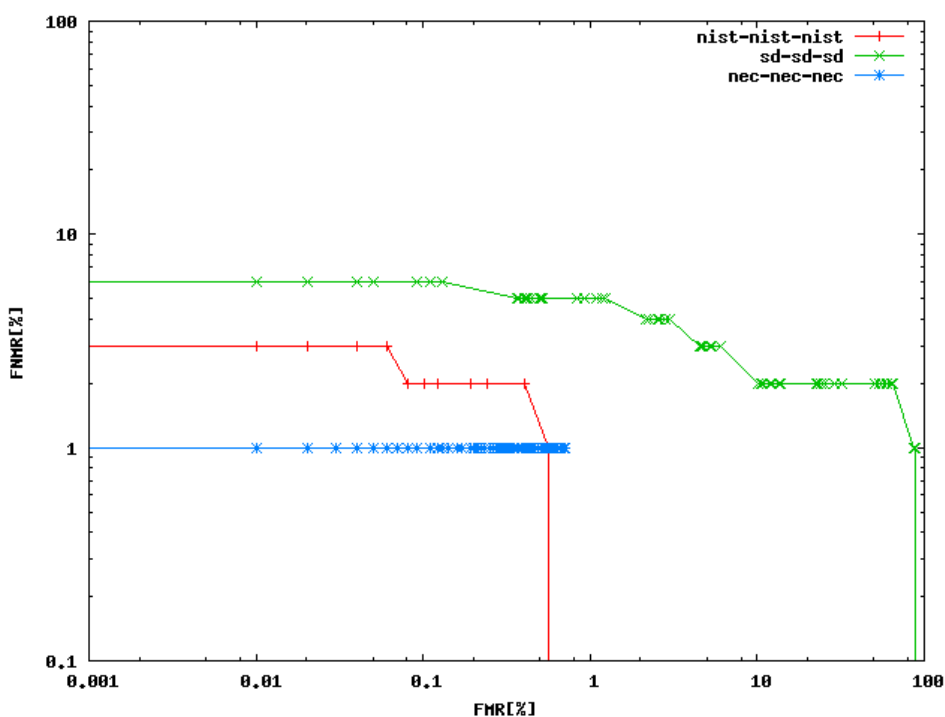


図 3-5 ACCO 2 枚目と ACCO 3 枚目の照合

- ・ 相互運用で FNM エラーでは 2 枚の画像間での共通領域が小さいものが含まれていることを確認している。ただし、定量的な評価できていない。
- ・ 照合精度はデータベースセットによって大きく異なる。
- ・ 同じ特徴抽出データを用いた場合、照合ソフトウェアで性能に差が出る。必ずしも特徴抽出ソフトと同じベンダーの照合ソフトウェアの場合に精度が高いわけではない。

図 3-6 は NIST の特徴抽出結果を用いた照合結果であるが、NIST の照合ソフトよりも NEC、SD の照合ソフトを用いた方が精度は上がることがわかる。いくつかのケースから、NIST 照合ソフト (Bozorth3) の性能は NEC、SD の照合ソフトに比べて性能が低いと推測される。

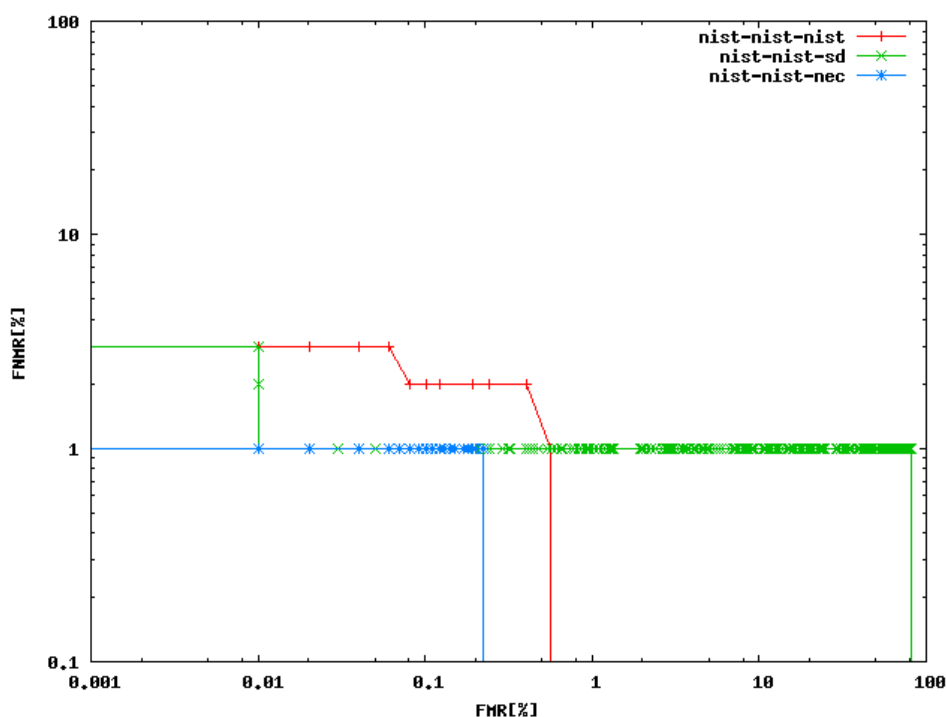


図 3-6 NIST の特徴抽出結果を用いたときに照合ソフトによる違い

- ・ 照合ソフトを固定した場合、同じセンサで採取した画像の場合は、同一の特徴抽出に揃えた方が精度は高い。ただし、センサが異なる場合は、同一の特徴抽出にしても精度がそれほど高くない場合もある。相互運用性を調べるには異種センサのデータを使う方が良いかもしれない。

3.4.3. 単体性能との比較

- ・ N I S T の特徴抽出を登録側に用いた実験が主体であったが、単体性能の方が相互運用性能よりも精度は高い傾向はあった。ただし、他ベンダーのジェネレータと組み合わせた方が精度は高くなる場合もあった。

3.5. 画像サイズの影響の評価

指紋の明瞭な領域の大きさは照合精度に重大な影響を与えるものと推測される。本年度は、そのような領域の定量化ができなかった。マニューシャ密度が一定であれば、マニューシャ数を用いた評価もできるかと考えたが、後述するマニューシャ数分布の分析から、そのようなモデルの適用は不適であると判断し、画像サイズの影響は今後の検討課題とした。

3.6. 圧縮率の影響の評価

圧縮率とその影響について調べることにした。指紋画像の圧縮ではWSQ圧縮がよく用いられている。圧縮率の上限は指紋鑑定専門家により目視での劣化が認められないレベルということから、FBIなどでは1/15を上限としている。

マニューシャ方式を用いて照合を行うシステムの場合、指紋画像は目視での確認に用いられることが想定される。したがって、WSQの上限としては1/15が妥当であろうし、データ量の小さなマニューシャ方式を使うのであるから、それ以上に画像で圧縮率を上げる必要性はないであろう。

そこで、非圧縮との比較が適切かもしれないが、NISTのmindtctやnfiqソフトがWSQ圧縮画像を入力とすることから、低圧縮率の2/5のときと1/15とを比較してみることにした。ここでは10枚のFVC2002のDB1、DB2の画像を用いた。これらの画像はインターネットでも入手可能なものであり、光学式スキャナで500ppiのものである。

圧縮率	10枚の画像のmindtctによるマニューシャ数は、それぞれ
1/15	30 58 41 60 53 65 62 62 53 40
2/5	32 60 48 62 55 66 62 60 47 44

傾向として圧縮率が高い方がマニューシャ数の減るものがやや多い。実際mindtctで検出したマニューシャを原画像にプロットしてみると図3-7、図3-8のようになる。変動しているのは、主に周縁部の偽マニューシャであるから、WSQで1/15程度の圧縮を行っても、照合性能自体の低下はないと推測できる。



図 3-7 WSQ (1/15)



図 3-8 WSQ (2/5)

3.7. 画像品質の影響の評価

(1) センサ別の品質

ACC01394 (A)、Verifier (V)、PU800 (N)、DT-TP (M) の各センサでとった、10枚の指紋を用いてROCカーブを描いてみた結果を図3-9に示す。この10枚は100枚の実験データセットの最初の10枚でもある。

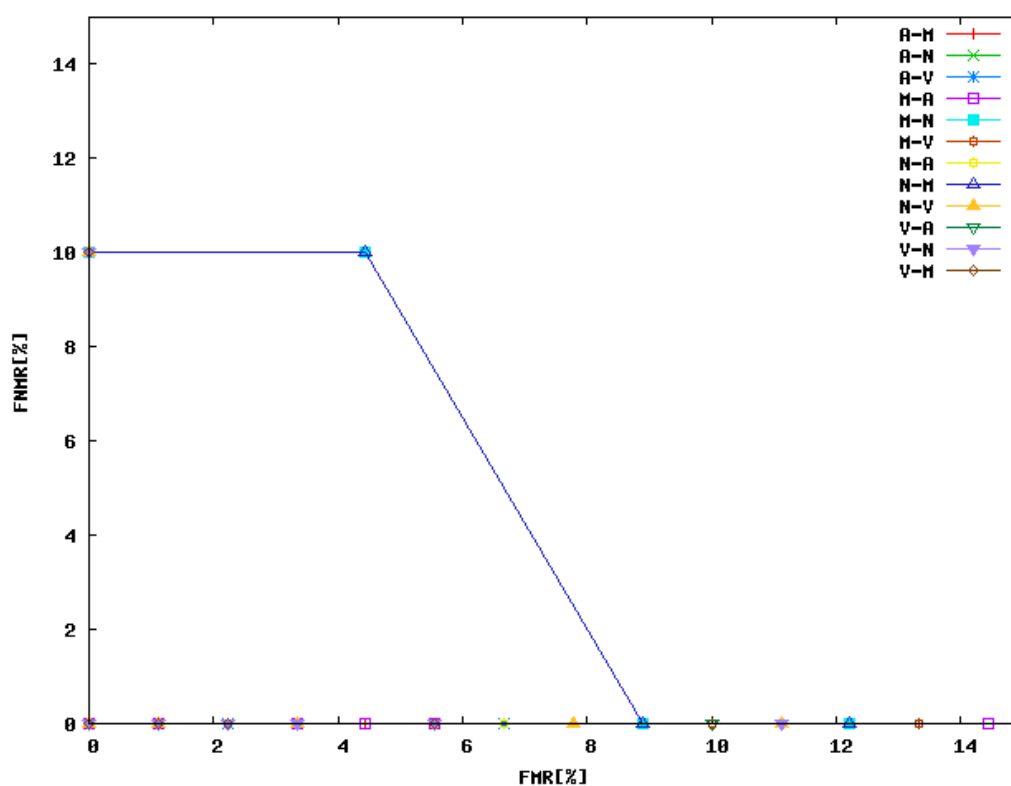


図3-9 センサ組み合わせによるROCカーブ (10指、MINDTCT、BOZORTH3)

興味深いことにMとNの組み合わせで照合できないケースが1件出ていることがわかった。原画像を目視で調査してみたところ、隆線の共通領域が非常に狭いことがわかった。この2つのセンサは他の光学式のACC0、Verifierに比べて採取面積は小さい。この小さな採取面積で、採取位置がずれて重なる領域が小さくなったために照合できなかったものと推定される。このように、共通領域の確保はとくに小型センサを使う際に、非常に影響が大きいことがわかった。

その他今回の実験結果の分析では、センサ別の品質という点に関しては、以下のことを考慮する必要があるかもしれない。

- ・ NMDA 会議室での採取では、Verifier→ACCO→PU800→DT-TP の順が多く、最初の Verifier のときに乾燥指を湿らせたりしている場合がある。これが品質に影響している可能性がある。ただし、常時コントロールしていたわけではないので、事後の解析は難しいかもしれない。
- ・ ACCO センサはキャリブレーション動作が不安定と思われるケースが生じている。このため残留指紋の乗ったような画像になったり、背景の濃淡レベルが変動したりすることがあった。(ベンダーに問い合わせ中であるが未回答)
- ・ PU800 の画像は ACCO や Verifier に比べて小さく、採取中の画像がリアルタイムで見えないこともあり、慣れないと押捺位置が中央からずれて、他の小型センサとは共通領域が小さくなる可能性もあるようである。
- ・ PU800 と DT-TP は後述する nfiq や wsq などの品質値が ACCO や Verifier に比べて低品質寄りであった。これは面積が狭いことが影響している可能性が高いが、照合精度にどの程度効いてくるかは評価する必要がある。

(2) 100 指実験セットの品質分布

実験に用いた 100 指についての NFIQ 値(以下 nfiq とする)と Aware 社指紋品質値 (以下 wsq とする) を調べてみた。

100指のA2とA3の品質分布

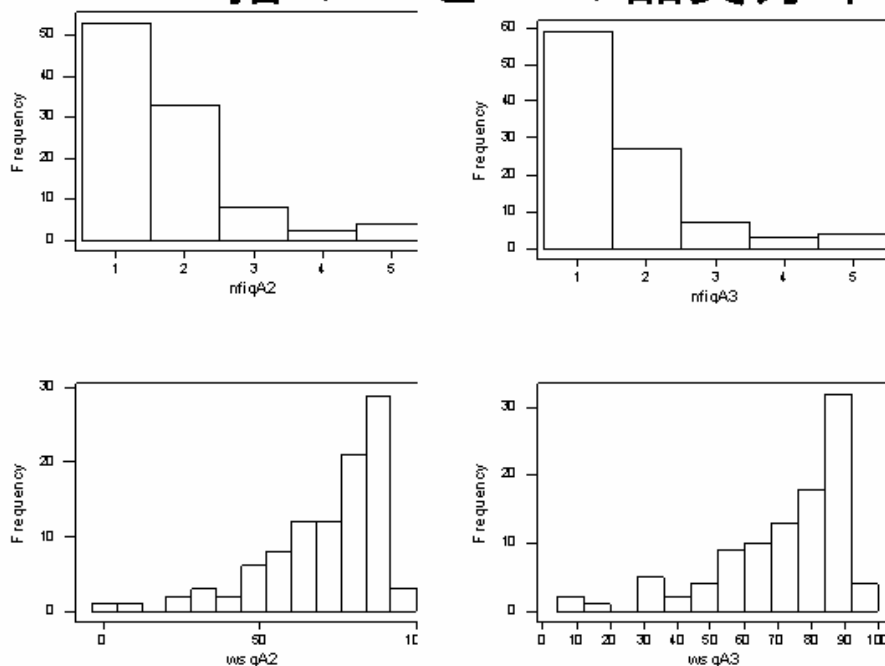


図 3-10 100 指セットの品質分布

ACC01394の2枚目と3枚目の品質を比べた場合、上段のnfiqで、約50%はレベル1、約30%はレベル2、約10%がレベル3、残りがレベル4、5で、照合に適さないとされるレベル5が約5%もあることがわかる。下段はwsq1000による100段階評価であるが、品質の高いものが多く、品質値の低い方のものも、分布の裾側で、存在していることがわかる。

一方、Verifierの2枚目と3枚目の場合は以下の図3-11のようになった。

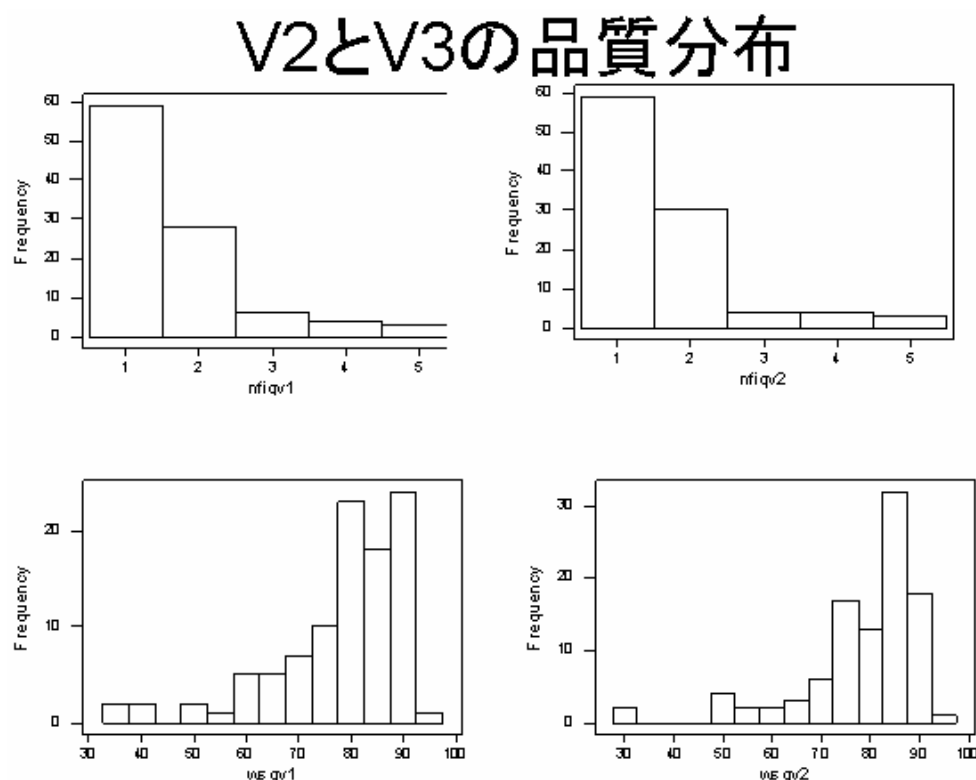


図3-11 verifierの100指の品質分布

これをみると、Verifierの方が高品質側のデータが多いように見える。

次にACC0とVerifierの品質値(wsq)の組み合わせを同じ指ごとに2次元プロットしてみると、図3-12のようになった。品質が個人性によるものであれば、光学式センサでは同様な傾向となることが期待されるが、かなりの相関関係は見られるものの、相関の無いケースも見られる。今後、原画像を目視チェックすることで、この現象の要因を明らかにする必要があると考える。

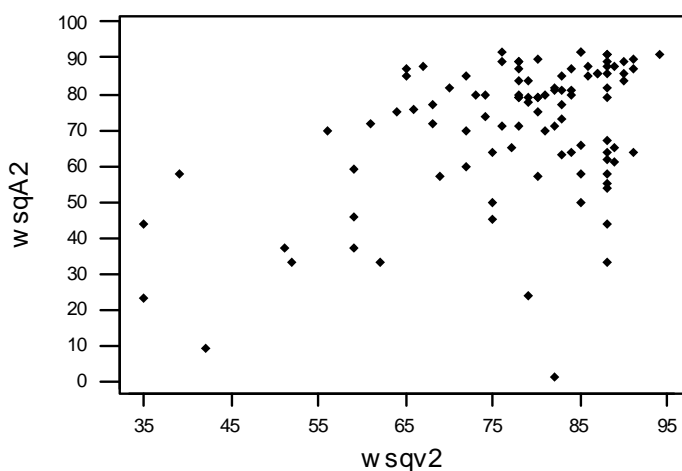


図 3-12 ACCO と Verifier (ともに2枚目) の品質値の相関

(3) マニューシャ数

Verifier の2枚目の画像 100 指のマニューシャ数の出現分布を図 3-13 に示す。ベンダーによって、まったく傾向が異なっていることがわかった。

Minutiae数(Verifier2枚目)

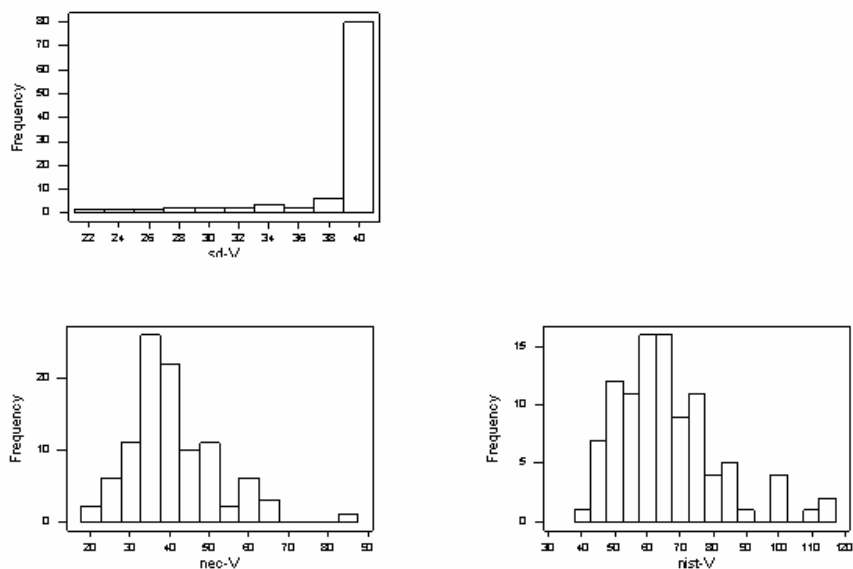


図 3-13 ベンダー別のマニューシャ数出現分布

SDでは最大40個に制限をしているようにも見える。一方NECは35をピークに山型に分布しており、NISTでは60個をピークに幅広い山型になっており、抽出マニューシャ数が多めである。同一画像のセットからこのように、まったく異なる傾向が出ていることは、相互運用性に何らかの障害となる可能性があると考えられ、今後詳細に調べる必要があると考えられる。

3.8. 実験結果のまとめ

3.8.1. 分析項目

比較的高品質な100指を目視で選択したので、低品質画像に関しては更なる実験が必要であるが、得られた実験結果について、いくつかの観点からまとめておくことにする。

- 相互運用性とその評価について
 - 3製品の19794-2の相互運用性はある程度実現されていることはわかった。しかし、DETカーブを見ればEERのような特定の動作点だけで比較することは難しいことがわかる。
 - 照合処理には性能差がある。NISTのBOZORTH3はあまり精度が良い照合プログラムとは言い難いようである。
 - 共通領域の重要性が明確になった。共通領域の確保のための方法論が今後の重要な問題であろう。また異なるセンサ画像間では特徴抽出に起因する差異と、センサ別の性能の差異と、個人性に起因する差異が混在していると考えられ、それらを分離して分析する必要があると思われる。
- サンプルデータとセンサについて
 - 今回実験に使用した指紋の品質は目視で品質のよさそうなものを選んだとのことであったが、品質ではかなりのバリエーションをもっており、nfiq値からも低品質をある程度含んでいることがわかった。これらの低品質指紋に関しては、どちらかといえばセンサの機能強化に期待がかかる場所である。
 - また異なるセンサを用いて採取した画像の方が照合の難易度が高いようである。同一指でありながら異センサ間での品質値に相関が無いものについてはその原因がまだわかっておらず、今後の課題である。
 - 今回の採取では特別な品質コントロールは敢えて実施していなかつ

たが、4種のセンサの原画像を詳しく調査することにより、指紋画像採取の品質向上の可能性について検討できる可能性があるかもしれない。

- 圧縮率との関係について
19794-2 を対象とした場合、今後は画像の圧縮率については特に調査は行う必要はないと考える。
- マニューシャ数について
ベンダーによって、抽出されたマニューシャ数には大きな差があった。Missing（未検出）とFalse（誤検出）の問題だけなのか、あるいは選択の優先順位を決める仕組みに、さらなる詳細な標準化が必要なのかなどが、今後の検討課題ではないかと思われる。
- その他
今回は年齢の高い層のデータも比較的多いそうである。被験者の属性を加えた分析で、特に照合率が低いと言われる高齢者での精度の実際が今後調査できるのではないかと思われる。

3.8.2. 未対応について

画像単位の評価であり、今回は未対応については対象外とした。

未対応はセンサ方式やヒューマンインターフェースに強く依存するところがあり、今後も分析対象とはせず、改善を謳った市販新製品を試みるというスタンスで臨むというあたりであろう。

3.8.3. 処理時間について

(1) おもな処理の実行時間

今回の実験では共通プラットフォームを開発する余裕がなかったことや、ライブラリを組み込んだ場合に各社対応のデバッグ期間を十分に設定できないこと、もしNISTのmindtct、bozorth3の19794-2対応ライブラリ化を実施した場合には工数がかなりかかることを考慮し、x y t形式と19794-2の変換プログラムを作成するにとどめ、HardDisk上のファイル渡しで、BMP画像や19794-2形式ファイルを用いた、1対1照合の実行形式プログラムの提供をお願い

いすることにした。

このため、かなりのディスクアクセスのオーバーヘッドが発生していると思われる。以下が 30 ないし、100 データの処理から算出した処理時間である。

・ Mindtct	0.533 sec/data	(NIST の xyt 形式特徴抽出)
・ Mkfmr	0.3 sec/data	(19794-2 形式への変換)
・ Fmr2xyt	0.2 sec/data	(19794-2 形式から xyt 形式への変換)
・ Nec_createmin	0.4 sec/data	(NEC の 19794-2 特徴抽出)
・ SD_createmin	0.35 sec/data	(SD の 19794-2 特徴抽出)
・ Bozorth3	0.39(100x100) ~ 0.08(30x30) sec/comp	(NIST の照合)
・ Nec_comparison	0.388(100x100) ~ 0.074(30x30) sec/comp	(NEC の照合)
・ SD_comparison	0.478(100x100) ~ 0.152(30x30) sec/comp	(SD の照合)
・ Cwsq	0.73 sec/data	(WSQ 圧縮)
・ Wsq1000	0.233 sec/data	(Aware の品質計算)

(2) 実行時間の推定

照合処理は規模に応じて処理時間が長い。そこで照合処理については実行時間の予測式をつくった。

- ・ 30 x 30 の照合実験 72 sec
- ・ 100 x 100 の照合実験 3900 sec

処理時間が変化する要因として考えられるのはログファイルのサイズのみである。ログ追加のためのファイル seek 等の物理的要因が影響していると考えられる。ログが大きくなるにつれてシークタイムが効いてくると仮定し、

- ・ ログ1行のサイズ f
- ・ n 回目のログサイズ $L_n = f \cdot n$
- ・ comparison 自体にかかる時間 C
- ・ として、
- ・ n 回目の処理時間 $T_n = C + k \cdot L_n = C + k \cdot f \cdot n$ (k は比例定数)

とモデル化し、任意サイズの処理時間を推定してみた。すると、

1000x1000 の照合 Bozorth3 395 日

300x300 の照合 Bozorth3 3.25 日

となった。(他の照合ソフトでも同様のオーダー)

少なくとも1対1の照合ソフトで実験することは現実的でないと思われる。

Bozorth3 の照合処理時間は、前記推定で 1×1 とした場合の C 値が 0.

0494 (sec) であるから、オンメモリで処理できれば、1000 x 1000でも14時間程度での実行が可能かもしれない。

実験規模が大きくなると、1対1のソフトウェアではファイル I/O のオーバーヘッドが効いてくるものと考えられる。したがって、1対N、ないしN対Nのソフトウェアでないと効率的な評価は難しい。あるいは、メモリ渡しの1対1照合関数のライブラリ (SDK) を用いる必要がある。

また、Verification 性能に着目して調査をするのであれば、同一指の照合実験だけをまず行い、非同一指の照合実験規模を制限することなどの工夫も考えてゆく必要があると思われる。

4. 調査研究のまとめ

4.1. 得られた知見のまとめ

- 同じセンサによる画像の場合、同じ特徴抽出を使った方が照合精度は良く、単体処理と相互運用時とでは精度差が存在する。
- 照合性能には明確な差が存在することがある。NIST の照合処理 Bozorth3 の性能は他の2つに比べると低いことがわかった。
- 照合処理が同じでも特徴抽出を別のベンダーに変えると性能が良くなる場合がある。
- センサが違くと照合性能の差が大きい。これは照合性能がデータ品質の影響を受けやすいからと考えられる。

これらは MINEX などの文献調査結果と整合する結果であった。

当初は認証精度の信頼度の観点から、大規模なサンプルデータベースの構築を優先事項と考えていたが、低品質画像であったり、相互運用での評価ということから FNM の発生頻度は比較的高くなり、100指規模の実験からでも課題が浮き彫りにされてきたようである。これらの問題点を原画像のもつ特性や、特徴抽出や照合処理の実行条件などの観点から吟味することがまず必要であり、それに対する処置を講じた上で、より信頼度を高めた大規模な実証実験へという進め方がよいのではないかと思われる。

4.2. 規格化を検討すべき事項

規格化等の提案で検討すべき事項については現時点では下記が考えられる。

- 照合精度を確保するための画像採取に着目した条件を対象とした場合、特に共通領域の影響について明らかにする実験方法の検討、相互運用性の評価能力を向上させるための規約案、ガイドライン案の開発。
- 同一画像に対する特徴抽出結果の評価という面から、相互運用可能と認定された製品群に対して、新たな製品が相互運用可能かどうかの性能評価を行うための方法。

4.3. 今後の課題

- 3.8.1 でまとめた要検討事項について、全採取データによる実験データから、より信頼度の高い指紋マニューシャ互換データフォーマットの課題分析を進める。
- 特に共通領域問題についてはFNMの生じた画像を詳細に調査する。
- マニューシャ定義や品質値などの指紋互換データフォーマットに関連するSC37での審議動向をチェックしながら、課題の整理、開発の方向付けを行う。
- 2.4.1 で挙げた標準化文書の問題点を念頭に、相互運用性判定の実験を通して、相互運用製品追加判定までをカバーする性能評価手法について検討する。

5. 付録

- (1) NIST 指紋照合 公開ソフトウェア
- (2) ISO/IEC 19795-4(翻訳)
- (3) EU Passport Specification
- (4) 相互認証実験の処理フロー
- (5) 指紋認証精度評価結果
- (6) 圧縮とマニューシャ
- (7) 100 指の品質分布
- (8) センサ別の品質
- (9) マニューシャ数