

指紋センサー付個人認証 I Cカードの開発に 関するフィージビリティスタディ 報告書

－要 旨－

平成23年3月

財団法人 機械システム振興協会

委託先 財団法人ニューメディア開発協会



この事業は、競輪の補助金を受けて実施したものです。

<http://ringring-keirin.jp>

序

わが国経済の安定成長への推進にあたり、機械情報産業をめぐる経済的、社会的諸条件は急速な変化を見せており、社会生活における環境、都市、防災、住宅、福祉、教育等、直面する問題の解決を図るためには技術開発力の強化に加えて、多様化、高度化する社会的ニーズに適応する機械情報システムの研究開発が必要であります。

このような社会情勢の変化に対応するため、財団法人機械システム振興協会では、財団法人JKAから機械工業振興資金の交付を受けて、機械システムに関する調査研究等補助事業を実施しております。

これらを効果的に実施するために、当協会に総合システム調査開発委員会(委員長：東京大学名誉教授 藤正 巖氏)を設置し、同委員会のご指導のもとに推進しております。

本「指紋センサー付個人認証ICカードの開発に関するフィージビリティスタディ」は、上記事業の一環として、当協会が財団法人ニューメディア開発協会に委託し、実施した成果であります。関係諸分野に関する施策が展開されていくうえで、本フィージビリティスタディの成果が一つの礎石として、皆様方のお役に立てれば幸いです。

平成23年3月

財団法人 機械システム振興協会

はじめに

キャッシュカードやクレジットカードにはじまり、住基カード、身分証カード、各種会員カードなど現代生活において個人を識別するための手段としてＩＣカードは、いつのまにか広く浸透してきている。しかしながら、その個人を識別するためのＩＣカードとその所有者との関係は、金融機関など厳重な場所を除いて暗証番号でＩＣカードの正当な持ち主であることを確認する程度である。その暗証番号が盗み見られたり、不注意で第三者に知られたりしたものであっても暗証番号が一致すれば、たとえ拾われたり、盗まれたりしたカードであっても、そのＩＣカードの正当な持ち主としてカードを利用することが可能になる。

ＩＣカード自体は、安価で高セキュリティを提供してくれるキーアイテムであるが、所有者との関係は上述のように決して強固なものではない。ＩＣカードのセキュリティを高めても所有者とのつながりを強化しないとトータルのセキュリティを高めることは難しい。そこで唯一無二といわれているバイオメトリック技術とＩＣカードの併用は、一部の金融機関などで導入されてきている。

指紋センサー付個人認証カードは、バイオメトリックによりＩＣカードと正当な持ち主をＩＣカード以外の装置に頼らずに強く結び付けて、第三者による不正使用を防止する理想的な手段として考えられる。しかしながらこれまでは、カードという非常に制約が多い媒体に寿命と精度を兼ね備えた生体センサーを搭載することは難しかった。今回、新しく開発された指紋センサーを採用することによって、これまで困難だった薄さと寿命及び精度を実現でき、ネットショッピングやオンライン投票など第三者による不正使用を防止することが難しい環境でも、正当な持ち主による利用であることが確認できるＩＣカードの試作ならびに評価を行うことができた。

本報告書では、指紋センサーをカードに搭載することによって実現できるセキュアな個人認証ＩＣカードを実現することを目指したフィージビリティスタディ（以下、「Ｆ／Ｓ」という。）の成果を報告する。

なお、本Ｆ／Ｓの実施に当たり、カード検討委員会の半谷委員長（東京理科大学）をはじめとする委員各位、ご指導を賜った関係者各位に対し、心より深く感謝の意を申し上げます。

平成２３年３月

ニューメディア開発協会

目次

1. F／Sの概要.....	1
1. 1 F／Sの目的	1
1. 2 F／Sの実施体制	2
1. 3 F／Sの実施内容	5
2. 1 開発の経緯	9
2. 2 カードの設計要件	11
2. 3 指紋センサーの仕様	11
3. 指紋センサー及び認証機能の実装設計	13
3. 1 指紋センサーの評価	13
3. 2 指紋センサーの耐久試験	13
3. 3 カード設計	17
3. 4 カード製作	18
3. 5 カードの単体テスト	18
3. 6 結合テスト	20
3. 7 照合判定閾値	20
3. 7. 1 評価方法	20
3. 7. 2 採取結果	25
3. 7. 3 照合判定閾値の決定	25
4. 試作カードの性能・操作性・運用性の評価	26
4. 1 評価項目の検討と選定	26
4. 2 評価試験の内容	26

4. 2. 1 指紋登録	26
4. 2. 2 指紋照合	28
4. 3 評価試験のまとめ	30
4. 3. 1 評価試験の結果	30
4. 3. 2 追試験	34
5. 成果のまとめ	35
6. 今後の課題及び展開	36
6. 1 性能・仕様向上	36
6. 2 最近の国内外動向への対応	36

1. F／Sの概要

1. 1 F／Sの目的

各種カードが広く普及しているが、暗証番号入力盗み見や盗撮によって他人のカードを不正利用したり、スキミングによってカードを偽造したりする悪用事件が増加している。一般のカード利用者もカード所有枚数の増加により暗証番号を混乱なく記憶し、適切に使用することが困難となってきたためメモに残したり、同じ暗証番号を複数のカードで使用したりといったセキュリティ上は好ましくない状況となっている。

また、2001年の米国ニューヨークでの同時多発テロ事件をきっかけにテロ犯罪をはじめとする犯罪対策のため生体認証を利用したIC旅券の導入が開始され、現在では、各国の国民一人ひとりの本人確認と、政府の各種サービスを確実に効率よく浸透させるための手段として国民IDカードの導入が世界各国で積極的に進められている。

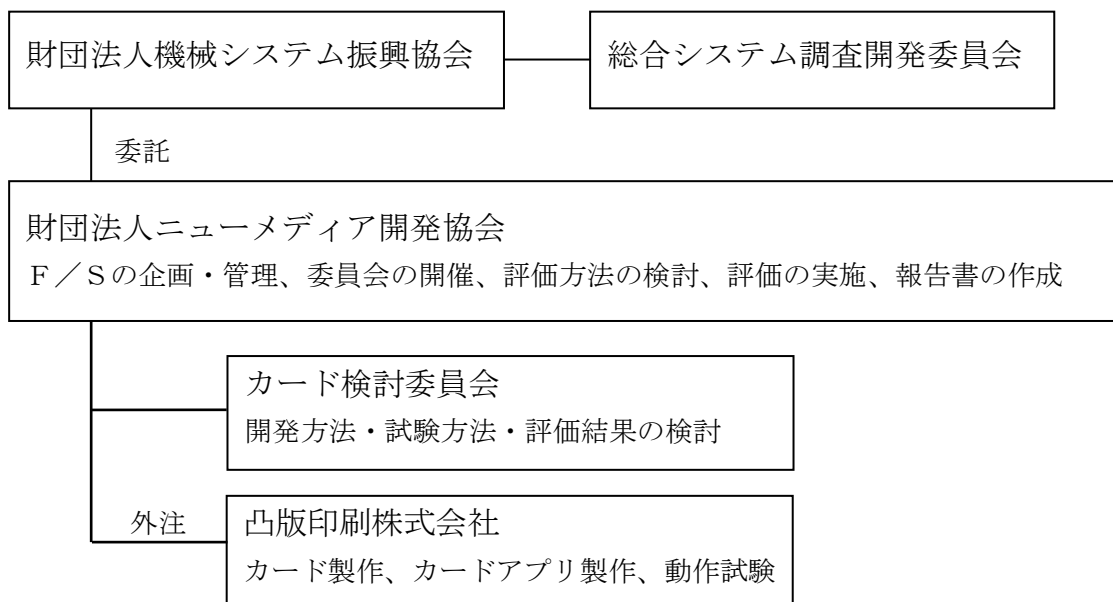
そのような状況の中でICカードは、利便性とセキュリティの高さから、国内外での運転免許証、身分証明、健康保険、銀行、クレジットカードへの普及が本格化しており、政府の国民情報の管理とサービスの効率化のため、社会保障、税金、医療保障、その他各所サービスの均質化、迅速性、そして国民IDカードへの応用にと、本人確認が必要なシステム、アプリケーションの基盤となっている。インドでは12億の国民全員に対して社会保障と身分確認のため、指紋認証を中心としたバイオメトリクス認証付のICカードの配布が一昨年より開始されている。

一方、カードの利用が広がるにつれ、そのカードの所有者が本来の所有者であることを確認する手段は暗証番号だけであり、不正使用を完全に防ぐことは困難となってきた。そこでバイオメトリクス、特に指紋認証を採用したカードシステムが導入されるようになってきた。しかし、現在導入が進められているシステムでは、バイオメトリクス・センサー及び認証システムがICカードと一体になっていないことによるセキュリティ上の問題、運用コストの増加そしてシステムの複雑化や、特に指紋認証においては、不特定多数の利用者が指を触れるセンサーに対する衛生上の問題や不快感からユーザサービスの面で導入のハードルとなっている。

本F／Sでは、海外で導入や計画が開始されている国民IDカード及び国内で必要性が指摘されている社会保障カードなどの大規模カードアプリケーションへの採用を目指すべく、ICカード所有者の本人確認がICカード自身で認証できる指紋センサー付個人認証ICカードを開発する。このカードには、今までより薄く高精細な指紋センサーを開発、搭載し、カード上の遅いCPUやインタフェースに最適化した照合関数やインタフェースの開発が技術上の最大の課題であり、これらの解決方法を探ることが最大の目的である。更に指紋センサー付個人認証ICカードの試作を通して、ICカードに実装するために必要な設計要素を洗い出し、カードサイズで試作した上でその試作カードの性能、操作性、運用性の評価を行い実用化の可能性を検証する。

1. 2 F／Sの実施体制

以下に示す体制と役割分担により実施した。



総合システム調査開発委員会委員名簿

(順不同・敬称略)

委員長	東京大学 名誉教授	藤 正 巖
委 員	埼玉大学 総合研究機構 教授	太 田 公 廣
委 員	独立行政法人産業技術総合研究所 エレクトロニクス研究部門 研究部門長	金 丸 正 剛
委 員	独立行政法人産業技術総合研究所 先進製造プロセス研究部門 招聘研究員	志 村 洋 文
委 員	早稲田大学 研究戦略センター 教授	中 島 一 郎
委 員	東京工業大学大学院 総合理工学研究科 教授	廣 田 薫
委 員	東京大学大学院 工学系研究科 准教授	藤 岡 健 彦

カード検討委員会 委員名簿

(順不動・敬称略)

委員長	東京理科大学 工学部電気工学科 教授	半谷 精一郎
副委員長	東京工業大学 SC17国内委員会 副委員長	谷内田 益義
委員	日本電気株式会社 SC17国内委員会WG4/SWG4 WG11 主査	坂本 静生
委員	株式会社富士通研究所 画像・バイオメトリクス研究センター	安孫子 幸弘
オブザーバ	財団法人ニューメディア開発協会 主任研究員	林 義昭
研究員	財団法人ニューメディア開発協会	多湖 和男 今枝 弘 平野 誠治 栗田 寛久 田辺 圭子

1. 3 F／Sの実施内容

(1) 指紋センサー付個人認証カードの試作

①指紋センサー及び認証機能の実装設計

採用した指紋センサーは、国際規格 ISO/IEC 19794-2 で推奨されている 508DPI の解像度を満たすカード搭載用に耐えうる半導体センサーを用いる。照合アルゴリズムにはマニューシャ方式を応用した照合処理をカード上で行うため、従来より高速のCPUチップを検討し採用した。実装設計では、指紋照合アルゴリズムをICカード用に最適化して移植する方法を盛り込む。

カードの入出力仕様及び採用CPUを決定し、ICカード読取り/書込み装置を調達した。半導体センサーの基本動作を試験回路基板上で確認した。指紋センサーとしては、今回、習熟度が求められるスワイプセンサーではなく世界初のカード用面タイプセンサーを採用した。

評価用カードに指紋センサー、制御回路、制御モジュール、CPU、メモリ、及びI/Oモジュールの配置と接続を強度及び耐久性に配慮し実装設計を行った。運用を考慮して製作した装置により指紋登録と認証をリアルタイムで評価した結果が公開されるものとしては、世界で初めて実施されたものとなり、その成果は今後のバイオメトリクス分野の発展において意義があると考ええる。

②ICカード設計

上記指紋センサー及び認証機能とカード制御機能の実装設計を基に、電源、CPUチップ構成とカードのI/O機能、強度などの耐久性を検討し仕様を設計した。各モジュールの配置と接続の実装設計を行い作成した仕様から登録用指紋読取装置を調達した。

カード上の指紋センサーの配置は、カード使用時の曲げ、変形の影響が少ない位置に決定した。また、指紋センサー搭載のシステムオンカードの場合、従来のICカードには実装されない画像処理をカード上で行うため、消費電力が大きいことから、処理の高速化と電力供給を保障できるUSB-I/Fを採用した。今回のカード形状の場合は、すでにISO/IEC 7816-14 で規定されたUSBの端子位置を利用することで変換コネクタのみで接続できる方式とした。

③ICカードの製造

ICカード基板を製作し、指紋センサー、制御モジュール、CPU及びI/Oモジュールを実装し、指紋認証アルゴリズムをカスタマイズして組込み、これらのモジュールを制御するソフトウェアを搭載したICをカード化した。CPUは市販パッケージを搭載した結果、厚さ3mmのカード媒体を試作した。指紋センサー、制御回路、制御モジュール、CPU、メモリ及びI/Oモジュールの組み立て及び指紋認証アルゴリズムの動作確認を行った。実装設計した仕様から指紋登録を行う際に使用する指紋読取装置を調達した。

④カードの単体テスト

カードに実装された指紋センサー、制御回路、CPU及びメモリの動作をPC-カード間で試験した。PC端末と接続し、カード基板に実装したセンサー、CPU、メモリ、カードI/Fの動作確認を行った。指紋センサーの耐久試験としてセンサー表面の耐磨耗試験結果をセンサーの製造元から入手した。

⑤結合テスト

指紋認証及び登録機能とカード全体の動作を含めた動作試験により総合的な動作の安定性を確認した。システムとしての性能、機能の確認を行った。評価用カードに外部センサーから採取

した登録指紋を登録する試験を行った。この試験の完了後、この登録指紋データを使用して照合処理の一連動作を総合的に確認した。

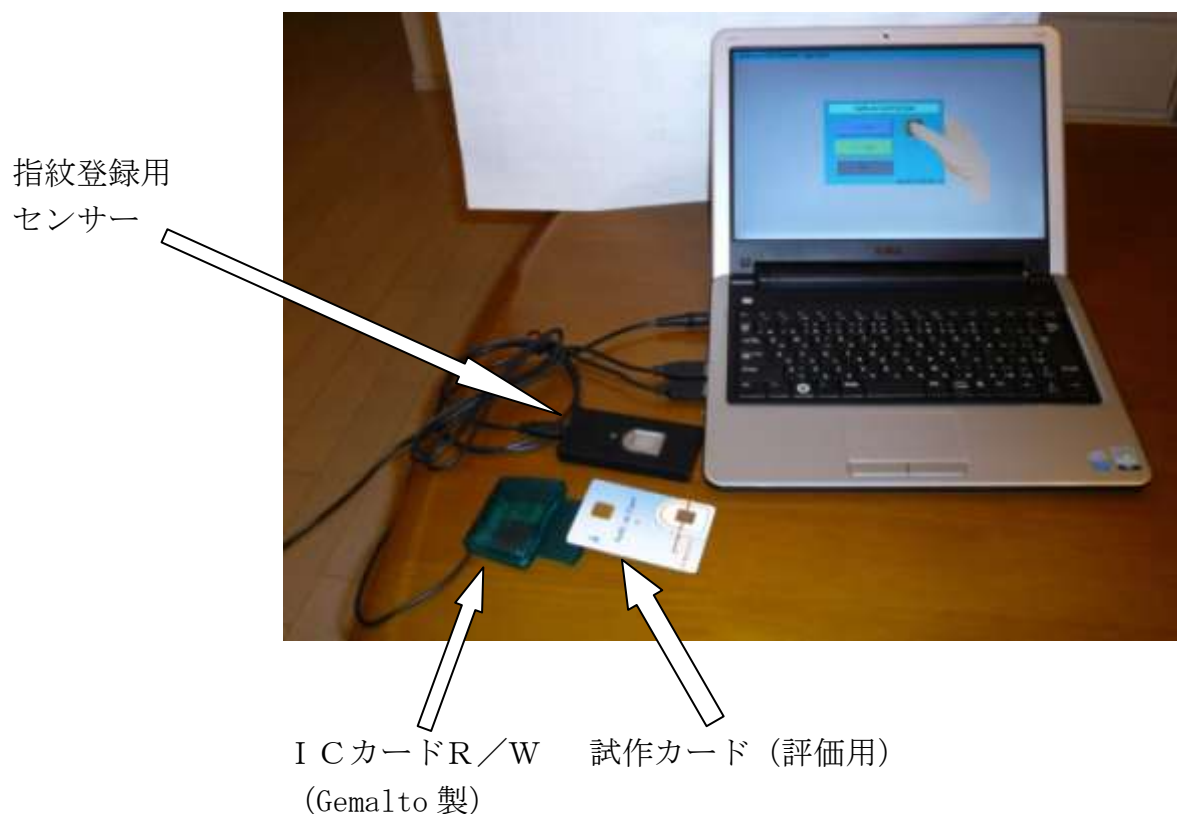
⑥照合判定閾値の決定

複数の被験者に対する指紋の登録と照合の試行により試作カードに最適な認証判定パラメータを求める。被検者60名から合計360指により他人受入率、本人拒否率の分布を求め最適な照合判定閾値を求めた。

(2) 試作カードの性能・操作性・運用性の評価

決定した照合判定閾値により、試作したカード3枚を用いて指紋認証精度、操作性そして運用性について、実運用に近い方式で評価試験を行うため、以下の項目を実施した。評価試験実施に当たり、試験用アプリケーションソフトウェアを作成し使用した。図1-3-1に評価試験に使用したシステムの構成を示す。

図1-3-1 評価システムの構成



①評価項目の検討と選定

指紋認証精度、処理速度の評価とカードの操作性、耐摩耗性及び運用性評価のための評価項目を選定した。製作したICカードを利用した評価試験アプリケーションを用いて10人程度から4指登録により、本人確認と他人受入率の測定を実施した。

認証精度、認証速度の評価のための指標と試作カードの操作性を評価する方法を検討し決定した。スケジュールとコストの都合で、プロトタイプは処理時間と非対称アルゴリズムの実運用性に重点を置き評価を行うこととした。

②試作カードの登録試験

試作カード発行時の登録処理について複数の被験者に登録作業を行い、試作カードの性能と操作性を評価した。最大11人の被験者に対して照合判定閾値を変えて3回（試験日を変えて）実施した。複数被験者による試作カードを用いた指紋登録を行い、操作性、処理時間などの運用性について試験した。評価用ソフトウェアにおいて、実運用及び認証精度を考慮し、1指に対し3画像を採取する方式を採用した。複数被験者による認証試験を実施し、認証精度、認証時間を解析した。

③指紋認証試験

複数の被験者に対する指紋認証の精度、動作速度試験を評価した。認証精度は本人拒否率<0.1%、他人受入率<0.01%を目標とし、認証速度は2秒程度での実現可能性を検討した。

今回、スケジュールとコストの都合で処理時間と非対称アルゴリズムの実運用性を重点に評価を行った。非対称アルゴリズムでは、登録画像を大きく、認証は小さい画像（試作カード上のセンサー）採取に適したシステム構成となっている。被験者は男女、年齢20代～60代、両手についての指紋認証試験を実施した。

当初は本人拒否率、他人受入率が目標値より大幅に悪くなったため、照合判定閾値を3度変更し評価試験を行った結果、サンプル数は十分とはいえないが、本人拒否率0%、他人受入率0%、すなわち被験者の試行に対して誤認証が発生しなくなった。

④運用性評価

試作カードに対して、通常のカードと同様に扱った場合の指紋センサーなどへの新規開発パーツに関して評価した。カード発行及び簡単な運用モデルに対するアプリケーションを作成し、カードの発行から廃棄までの一連の運用状況を想定した試験により全体的な運用性の確認を行った。また、指紋データの更新作業についても評価した。併せて20名の被験者に対して操作性等に関する聞き取りとアンケートを実施した。

指紋認証精度、処理時間の結果をまとめたのが表1-3-1である。

前項の③にて説明したように、照合判定閾値を2度修正して認証精度の向上を図った結果、照合判定閾値を68%に設定した場合、表1-3-1に示すように、誤認証の度合いを示す本人拒否率と他人受入率は、評価試験の評価限界値内において発生しなくなった。1回目の評価試験は、11名の被験者について1日（8時間）かけてデータを採取したが本人確認については、左右指8本（小指は除く）について各指について1回の試行しか実施しなかった。本人拒否率、他人受入率共に悪く、2回目以降で照合判定値を修正して試験を行うこととなった。

その結果、認証精度は向上し満足のいくものとなったが、最初の評価試験で本人拒否率が高かったこと、及びICカードの利用方法を考慮し、本人確認については1指について100回繰り返し照合を実施し評価した。他人受入率については、測定条件は同じであったが1回目の人数を確保できなかった。3回目の評価は、2回目の照合判定閾値の算出方法についての間違いをカード検討委員会にて指摘され、最適値ではないことが判明したので再度解析過程を見直し評価試験を実施した。通常の評価試験では、先に一括して指紋画像を採取して、後にまとめて照合試験を実施する方式を取るが、今回は運用性評価を含めて登録と照合を実時間で実行し評価した。処理時間は、PCの認証精度と同程度にするために目標値に対して約1秒多くかかり認証時間が照合成立時3秒以内、照合不成立時では3.6秒であった。2回目以降は、本人拒否率の測定で左右

親指、人指し指についてそれぞれ100回の繰り返し試行を行った。

最終的に評価試験に用いる照合判定閾値は図1-3-2より決定した。この照合判定閾値を用いた評価試験における認証精度の結果は、本人拒否率、他人受入率ともに0となったが、評価限界値に満たない値なので参考値である。

本F/Sにおいて実用化の可能性を評価した指紋センサー付個人認証カードは、製品化の可能性が実証できたと考える。今後は、半導体プロセスの向上で演算速度の向上が見込まれ、PCと同程度の精度が実現できる可能性を確信した。また、市場に出ているICカードのように厚さ1mm以下のカードについても試作開発の技術的な目処はたった。

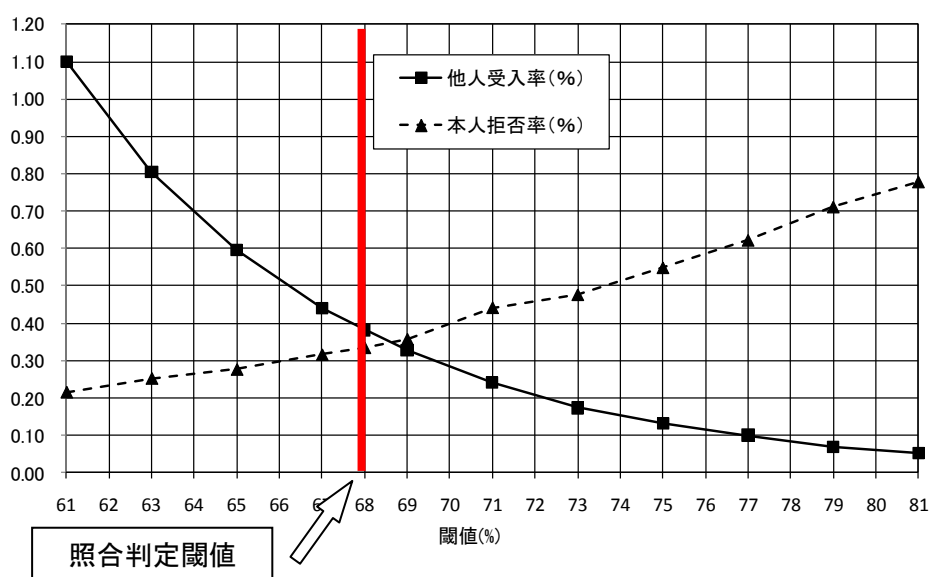
表1-3-1 評価試験の結果

照合判定 閾値(%)	試験結果						考察と対策
	被験者数	試行回数	照 合 精 度(%)		評価限界値 (%)	処理時間 (秒)	
緩 48	9	85	本人拒否率	16.47	0.88	2.9	他人受入率に重点を置き、本人拒否率については、各被験者について各指に対して試行1回とした。本人拒否率の低い値に照合判定閾値を設定したが、本人拒否率、他人受入率が高い結果となったので、再度照合判定閾値の変更して再実施した。
	9	2,348	他人受入率	14.4	0.03	3	
61	4	1,600	本人拒否率	3.63	0.05	3.2	照合判定閾値を61%に上げた結果、本人拒否率、他人受入率は低下した。本人拒否率の評価は4名と少ないが個人カードということを考慮し各指について繰り返し100回の試行を行うこととした。
	5	224	他人受入率	1.79	0.33	3.4	
厳 68	4	1,600	本人拒否率	0	0.05	3.6	照合判定閾値を 最適の値に設定した結果、評価限界値内で誤認証が発生しなくなった。
	5	220	他人受入率	0	0.34	3.8	

評価限界値：本人拒否率、他人受入率の評価結果をデータ件数などから算出する統計的な信頼性を示す目安の値。本人拒否率、他人受入率が評価限界値より小さい場合は、評価の元になった被験者の特徴に依存しており、別の被験者を用いて評価した場合に再現される保証がないといえる。

図1-3-2 指紋認証精度の評価結果

<照合判定閾値 68%の場合>



2. 指紋センサー付個人認証 I C カードの試作

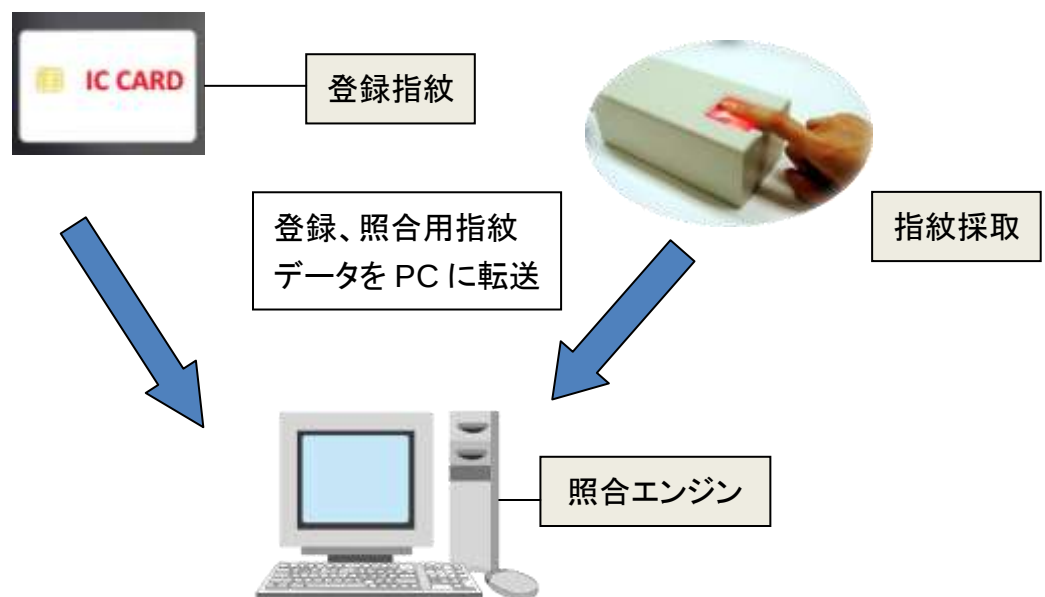
2. 1 開発の経緯

指紋センサーを搭載し、指紋認証機能を内蔵した I C カードの必要性は、10 年以上前から検討されてきた。しかし、国内外を問わず過去に複数の企業が、その実現に取組み必要なスペックをクリアできずに挫折してきた。現在も指紋センサーの厚みが、0.8 mm のカードの厚み基準を超えてしまい、突出した形状の試作品やバッテリーを内蔵した分厚いカード形状の試作品がしばしば発表されては消えている状況が続いている。バイオメトリクスを用いた I C カードによる本人確認の技術方式は、過去から現在までの発展を考慮すると 3 世代に分類することができる。

①第一世代（カード外照合方式）

I C カード内に所有者の登録指紋情報を記録する。登録用指紋、照合用指紋データは独立した外部指紋読取装置から採取する。本人確認は、P C などの外部装置上に I C カードから登録指紋情報を一度読出し、その外部装置に接続された指紋読取装置により採取されたライブ指紋との照合を P C 上で実施する。この方式の場合、登録された指紋データを I C カードから外部装置へ読み出さねばならないと共に、P C 上での照合実施そのものがセキュリティホールとなる。第一世代の構成図を図 2-1-1 に示す。

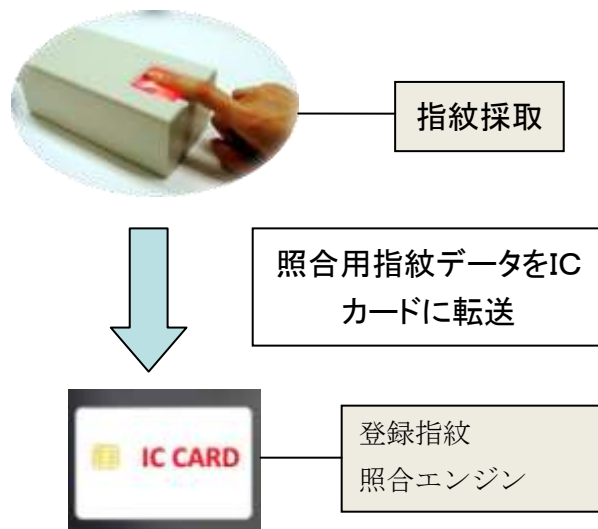
図 2-1-1 第一世代（カード外照合）個人認証システム



②第二世代（カード内認証方式：マッチオンカード）

I C カード中に登録指紋データと指紋の照合アルゴリズム（指紋照合機能）を格納し、指紋のデータ抽出は P C などの外部装置に委ね、認証時にカード外部から照合用の指紋データ（抽出された特徴データ、テンプレート）を送り込む方式である。第二世代の構成図を図 2-1-2 に示す。外部装置からメモリに渡される照合用指紋データの正当性にセキュリティ上の脆弱性が指摘されている。

図 2-1-2 第二世代マッチオンカードシステム



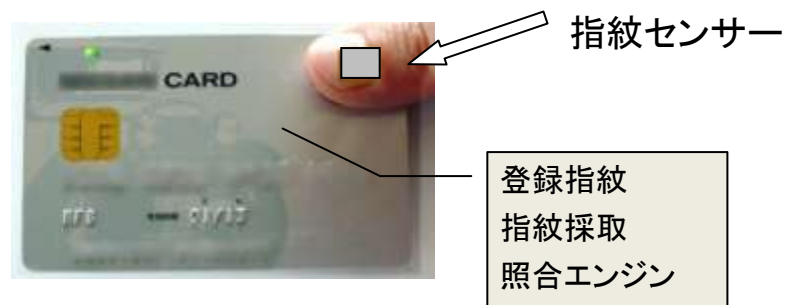
③第三世代（システムオンカード）

指紋認証による本人確認機能の全て、すなわち指紋センサー、登録指紋、及び指紋照合機能が1枚のICカード内に搭載されている。このICカードは単独で本人確認を行うことができるため、外部に指紋データを転送する必要性がない。この方式では、処理の全てをICカード内に閉じて行われるが、指紋センサーをICカード上に一体化して実装するため、センサーの物理的形狀（大きさ、薄さ）や耐久性、消費電力などの問題から技術的な課題が多く現時点まで実用化された製品は存在しない。第三世代の構成図を図2-1-3に示す。

この方式のメリットとしては、外部端末、カード間の処理分担がなく、全ての処理をICカード内で閉じて実行するため、前述の二世代の方式と比較すると高いセキュリティを確保することが可能なことである。

一方、この方式のデメリットとしては、センサー、指紋照合エンジンのICカード内への搭載を可能にするモジュール開発・導入コストの問題、センサーを搭載したICカードの耐久性の問題がある。また、実装されるセンサーの大幅な小型化が必要となり、採取される指紋情報の品質が制限される可能性があることから、高い認証精度を達成できない可能性がある。

図 2-1-3 第三世代システムオンカード



2010年に、カード搭載できるほど薄い静電容量感知式半導体センサーのサンプル供給が国内メーカーより開始された。このセンサーと指紋照合アルゴリズムによりシステムオンカードの

作成が可能であることがわかった。

2. 2 カードの設計要件

開発段階での達成目標として次の項目を挙げている。システムオンカードのシステム要件としては、以下の通りである。

- 1) 指紋センサーの厚み：0.3 mm以下（ISO規格内のカードの厚み）
- 2) 有効領域：8 mm×8 mm（ICカードの曲げ、振れ強度を考慮）
- 3) 指紋センサーの解像度：508DPI 以上
- 4) 指紋センサーの耐摩耗性：50 万回以上
- 5) ESD:IEC 61000-4-2 Level 4
- 6) 指紋センサーの消費電力：50mW 以下
- 7) 指紋の認証精度：FRR<0.1%, FAR<0.01%（3 回トライ条件）
- 8) 指紋の照合時間：2 秒以下
- 9) 指の検知機能と生体検知機能の実現
- 10) 開発した指紋読取センサーを用いた「非対称アルゴリズム」の開発

2. 3 指紋センサーの仕様

2010年度公開された指紋センサーの仕様を下記に記載する。

- ・0.35 μ のCMOSプロセスにより160×160ピクセル、508DPIの解像度の静電容量方式で指紋の凹凸を読取る。
- ・デジタル出力のための8ビットADC、160バイトのFIFOを内蔵し、高速アクセスを実現する。
- ・高速SPIとアシンクロナス・パラレルインタフェースを装備する。
- ・指検知、生体検知用の電気抵抗、電気容量値を4ビットのADCから出力する。
- ・新規オフセット・キャンセラ及びCDS手法により鮮明な画像採取を実現する。

表 2－3－1 電気的特性

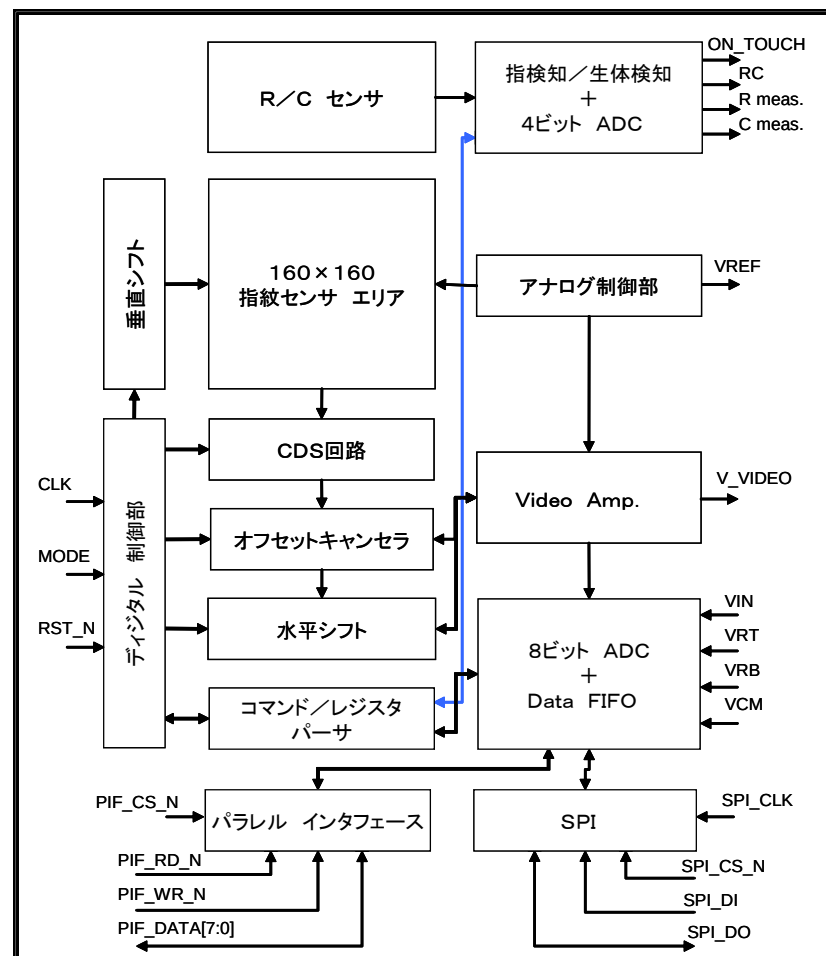
記号	パラメータ	Min	Typ	Max	単位
DVDD	Digital supply voltage	2.7	3.0	3.3	V
AVDD	Analog supply voltage	2.7	3.0	3.3	V
IDD	Total supply current			10	mA
CLK	System Clock	2	4	32	MHz
	Read out speed	1(SPI)	10(API)		Frame/sec

表 2-3-2 指紋センサーの仕様と要件

項番	項目	目標値	単位	要件達成
1	有効領域	8 × 8	mm	○
2	解像度	508	DPI	○
3	読取階調	256	階調	○
4	耐摩耗性	50万	回数	○
5	耐静電圧	17 (クラス4)	kV	○
6	指紋検知出力	2011 年 1stQ 実現予定		△
7	生体検知出力	2011 年 1stQ 実現予定		△
8	指紋画像 出力インタフェース	アナログ		○
		SPI		○
		8ビットパラレル		○
9	高分解能支援回路	CDS		○
		オフセット・キャンセラ		○
10	消費電力	40	mW	○

(3) 指紋センサーの機能ブロック図

図 2-3-1 ブロック図



3. 指紋センサー及び認証機能の実装設計

3. 1 指紋センサーの評価

図3-1-1に示す指紋センサー検証用モジュールを用いて指紋画像を採取した。採取された指紋画像は図3-1-3に示すように良好であることが判明した。図3-1-3の右図は左の指紋画像に対するヒストグラムである。

図3-1-1 検証用センサー基板

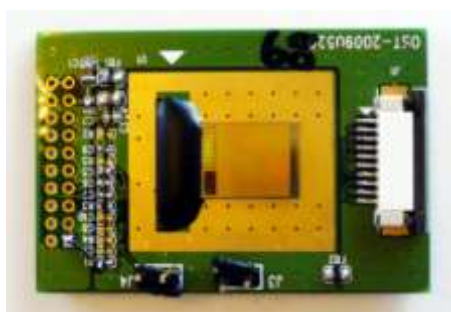
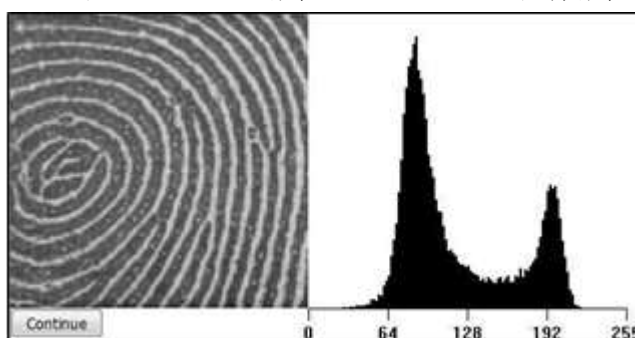


図3-1-2 指紋センサー検証用モジュールの接続図



図3-1-3 指紋センサーによる画像指紋



3. 2 指紋センサーの耐久試験

カードを通常所持する際は、財布や鞆の中に入れて持ち歩くことが多いと考えられる。そのため指紋センサー部には、普段から他の物との接触・摩擦が発生し使用していなくても摩耗が発生する。この摩耗に対する耐久性を調べるために耐摩耗試験を行った。試験内容を以下に示す。

(1) 試験実施機関：

Material analysis technology Inc.

4F, No1, Jinshan 7th St., Hainchu City, Taiwan 300. ROC

Tel 886-3-6116678 Fax: 886-3-5635995

www.ma-tek.com

取得資格: ISO 9001:2000、ISO/IECQ 17025:2005、IECQ 認定 No:IECQ-L ULTW 09.0002

(2) 試験に使用したシステム

磨耗試験機 SE5600

観測用顕微鏡 NIKON MM-40

(3) 試験方法及び試験条件

環境条件 温度 $25^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 、湿度 $55\% \text{RH} \pm 10\%$

試験条件 摩耗周期：毎分 30 回（往復時間約 1 秒）

摩耗方向：前後方向

荷 重：800 mg

摩耗回数：50 万回

摩耗物質：黒鉛（鉛筆の芯）

(4) 試験の内容と結果

試験結果は顕微鏡による目視検査と指紋センサーの動作を確認するため図 3-1-1 に示した検証モジュールに 50 万回の磨耗試験後の指紋センサーを実装し、指紋画像を採取し検証した。図 3-2-1 及び図 3-2-2 に試験機に指紋センサー検査基板が設置された状態を示してある。試験後の指紋センサー表面の状態画像（顕微鏡により撮影）を図 3-2-3 及び図 3-2-4 に示す。傷が発生しているように見える部分は、傷ではなく表面コーダ材の擦れカスであり図 3-2-5 のように指紋センサー表面を乾いた布で清掃すると試験前の状態と同じ状態となる。この指紋センサーが採取した指紋画像を図 3-2-6 に示す。図 3-1-3 の指紋画像と比較すると、若干画質は落ちているように見えるが、マニユーシャ抽出可能な画質の状態であることが理解できる。

以上のように 50 万回の表面擦りに対しての耐久性は確保されているとの結論に至った。

図 3 - 2 - 1 摩耗試験機（外観）

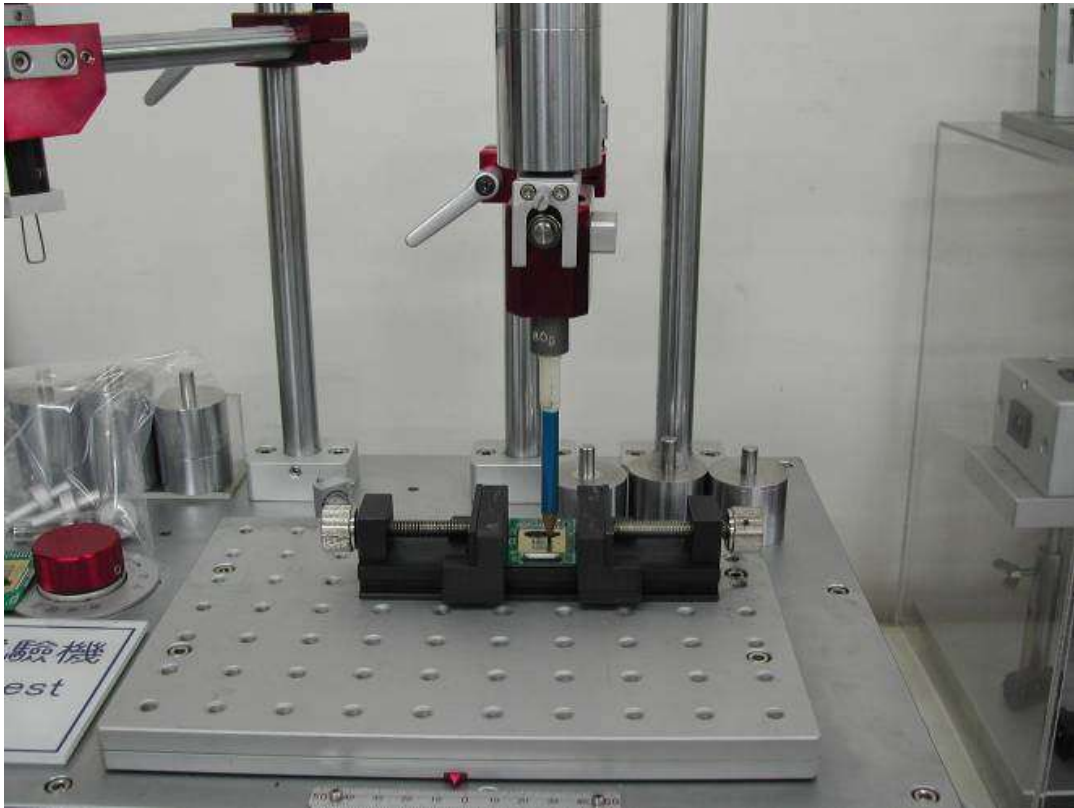


図 3 - 2 - 2 摩耗部位のクローズアップ

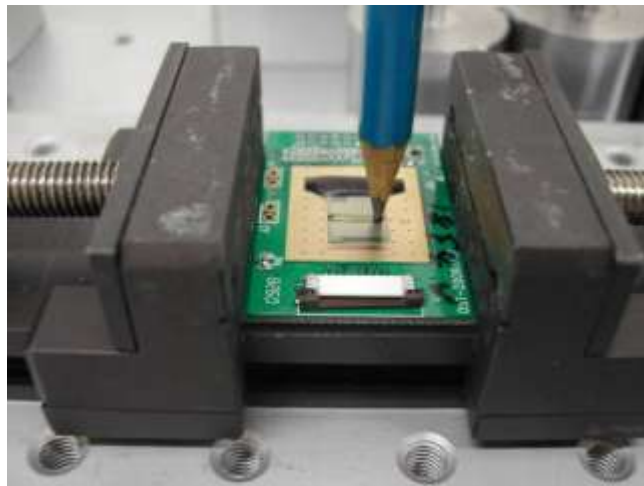


図 3 - 2 - 3 指紋センサーの表面（摩耗直後、1 0 0 倍）

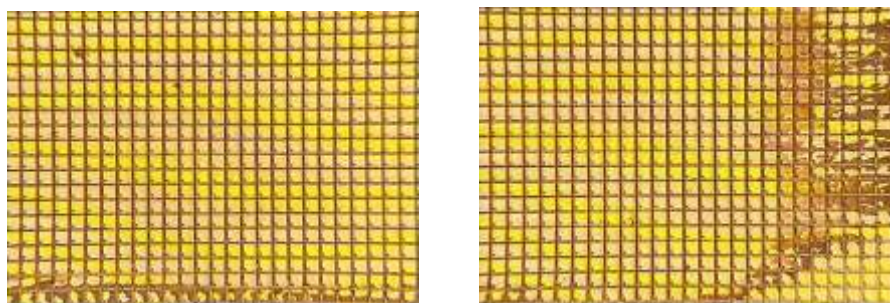


図 3 - 2 - 4 指紋センサーの表面（摩耗直後、5 0 0 倍）

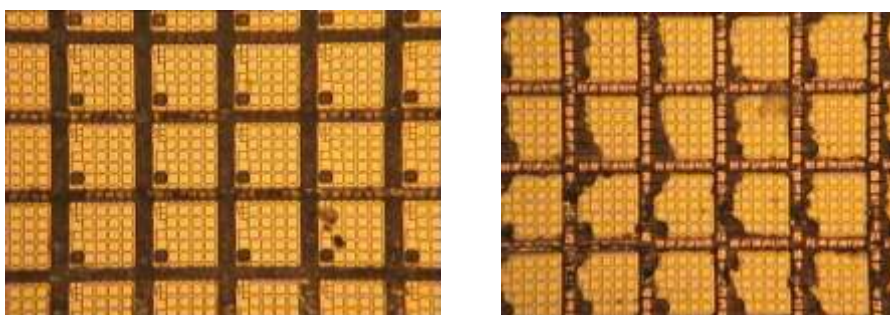


図 3 - 2 - 5 指紋センサーの表面（清掃後）
(5 0 倍) (5 0 0 倍)

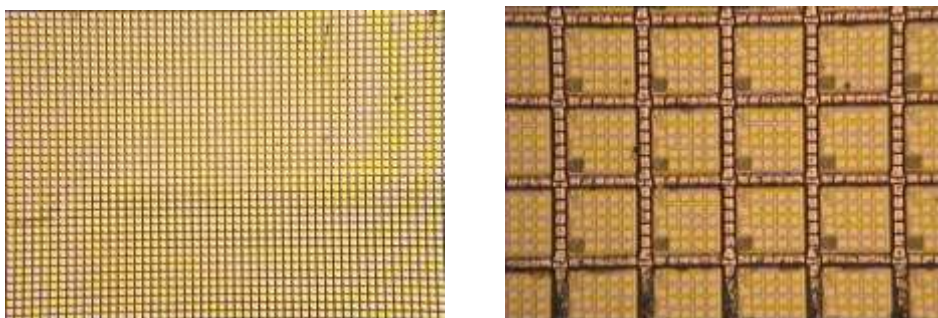
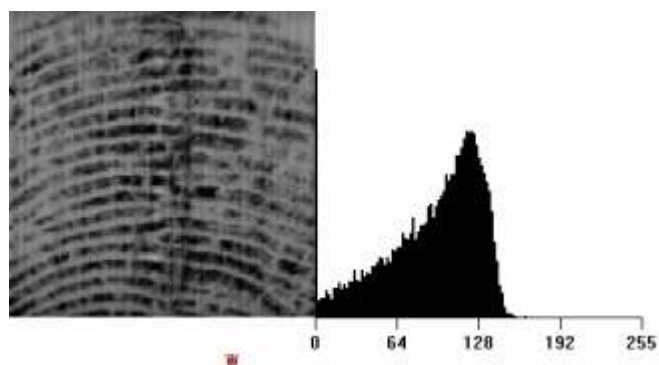


図 3 - 2 - 6 摩耗試験後に採取した指紋画像とヒストグラム



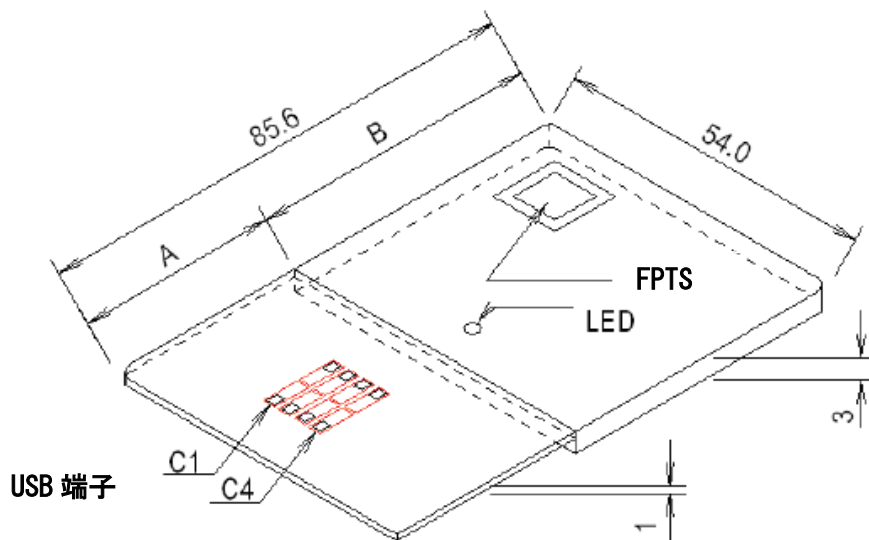
3. 3 カード設計

指紋センサー付個人認証 I C カードの仕様を以下のように設計した。

- (1) カード形状：85.6 (L) X 54.8 (W) mm

図 3 - 3 - 1 において $A = 35.0 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$

図 3 - 3 - 1 指紋センサー付個人認証 I C カードの形状



- (2) カードの厚み：3 mm以内

- (3) カード内構成

USB 制御 IC ; Host PC との接続用 (カードの駆動電力は、USB バスパワーを使用)

LED ; LED インジケータ (三色発光)

CPU ; カードの全体制御 (内部フラッシュにプログラム領域を確保する)

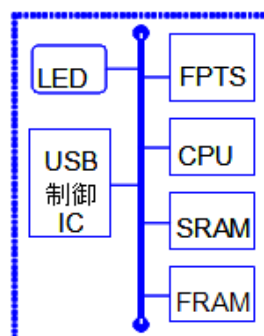
SH2 (SH7211 - R5F72115D160FPV を使用)

FPTS ; A S D 製指紋センサー

SRAM ; ワーク用メモリ

FRAM ; フラッシュ・メモリ (登録指紋情報の格納)

図 3 - 3 - 2 カード内ブロック構成図



(4) カードのインタフェース

USB I/Fを用いた接触方式とする

(5) 指紋認証用専用アルゴリズム（マニューシャ方式）を実装する。

3. 4 カード製作

単体テストにより、各部（センサー、制御部、メモリ、USB I/F）機能を確認するため、図3-4-1に示すカード基板を製作した。最終的にカード表面はフィルムをコートし、裏面は0.1mmのステンレス板で覆うこととした。指紋センサー、CPU、制御モジュールなどのICを実装する前のカード基板の写真を図3-4-1に示す。完成した試作カードは図3-4-2に示す。

図3-4-1 カード基板

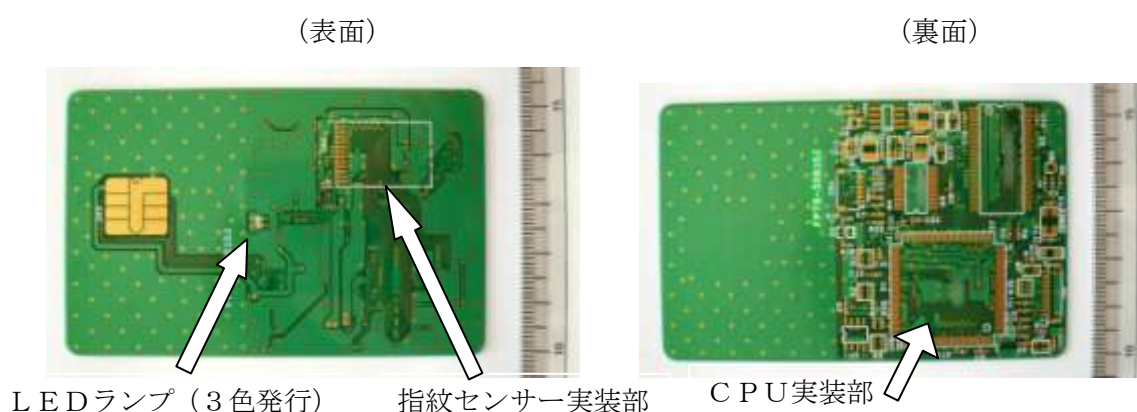
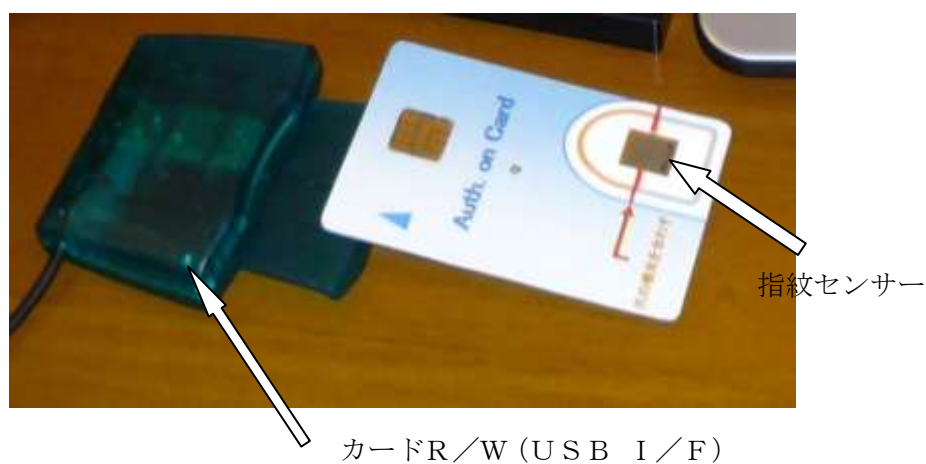


図3-4-2 試作カードとカードR/W



3. 5 カードの単体テスト

試作カードの製作が完了した時点で指紋センサー、メモリ、カードI/Fの機能チェックを行い各部の動作を確認した。以下にその内容を説明する。

試作カードの評価システムとして以下の構成を構築した。

(1) ホストPC

OSはWindows Vista、またはWindows 7

指紋登録及びカード評価用ソフトウェアを内蔵

(2) 指紋登録センサー：

- ① センサー：カシオ製指紋センサー（L S－1 9 2）
- ② センサー方式：散乱光学方式
- ③ 解像度：5 0 8 D P I
- ④ 有効領域：1 2． 8（H）×1 5． 0（V）mm

(3) 試作カード

- ① 指紋照合ソフトウェア内蔵
- ② U S B I／F
- ③ 照合指紋画像はP Cへ転送し表示する。

(4) I CカードR／W

接触方式、U S B I／F

(5) ソフトウェア仕様

- ① 登録指：4指（試行回数：3回・1指当たり）
- ② 表示項目
 - ・登録指（両手表示から登録する指を選択）
 - ・登録指紋画像（保存：オプション）
 - ・照合指紋画像（カード内照合が終了した時点でP Cへ転送、画像は非保存）
 - ・照合判定結果
 - ・照合時間
 - ・再試行表示

(6) システム構成

図3－5－1に示すように、ホストP Cに以下の各デバイスが接続されて運用される。

図3－5－1 評価システム構成



- ①登録用指紋読取装置（以下、「I D－B O X」という）
- ②カードリーダー（指紋センサー付個人認証I Cカード専用のU S Bコネクタ）

3. 6 結合テスト

カードの運用を考慮して評価試験用のソフトウェアを製作し総合的な動作チェックを行った。本F/S評価用として作成したソフトウェアの仕様を下記に記載する。

本システムは、指紋センサー付個人認証ICカードのF/Sを目的とした実験環境として開発する。このシステムの機能としては、以下の通りである。

①カード発行

指紋の登録を行い、カードに指紋データを記録することにより発行を実施する。

②カード認証

カードに搭載された指紋センサーから指紋画像を採取し、カード内に記録された指紋との照合を実施する。

※カードの認証用に読取られた指紋画像の確認を行うために指紋画像をPCに送信する。

※カードの認証用に読取られた指紋画像をPCに送信した後、指紋の照合時間を計測し、照合プロセス終了時にその計測時間の結果をPCに送信する。

3. 7 照合判定閾値

指紋認証の照合判定閾値を決定するため、前記単体テスト及び結合テストの段階において本評価試験で試作される指紋センサー付個人認証ICカードの評価システムと同じセンサー、すなわち指紋データをカードに登録するために使用する独立型の指紋センサー及びカード上に搭載される半導体センサーと同一のものをを用い、あらかじめ指紋画像を採取した後にカード内CPUに搭載される指紋認証アルゴリズムと同じものをPC上で動作させ指紋照合を実行し認証精度を測定解析した上で算出した。以下にその作業内容を記載する。なお、本評価に用いた誤認証率の計算方式については参考文献（１）、（２）を参照している。

3. 7. 1 評価方法

（１）評価システム

評価に使用する指紋認証精度評価システムの構成を以下に記載する。

①指紋認証エンジン

認証アルゴリズム：エイエスディ株式会社（以下、「ASD」という。）製

マニューシャ法を用いた非対称アルゴリズムを指紋センサー付個人認証ICカードに実装可能な専用アルゴリズム

②ID-BOX

メーカー名：ASD

機種名：ID-BOX

指紋センサー：LS-192（カシオ計算機株式会社製）

図 3-7-1 ID-BOXと指紋センサー



表3-7-1 LS-192の仕様

ピクセル数 [dot]	256×300 (水平×垂直)
有効領域 [mm]	12.8×15.0 (横×縦)
解像度 [DPI]	508
読取階調	256
センサー方式	散乱光蓄積電圧方式
耐久性	50万回
耐静電圧	15kV

③照合用指紋読取装置

- ・メーカー名：ASD
- ・指紋センサー：FPTS (ASD製)

図 3-7-2 照合用指紋読取装置



表 3-7-2 照合用指紋読取装置の仕様

ピクセル数 [dot]	160×160 (水平×垂直)
有効領域 [mm]	8.0×8.0 (横×縦)
解像度 [DPI]	508
読取階調	256
センサー方式	静電容量方式
耐久性	50万回 (鉛筆芯による摩耗)
耐静電圧	17kV

(2) 評価対象

<被験者>

サンプルとなる指紋データ収集は、関連企業からボランティアを募り、指紋採取の熟練者立会いのもと実施した。また、指紋を採取する際には被験者の年齢性別並びに職種は問わず収集作業を実施した。指紋データ収集作業に参加した60人全てを被験者とした。

<被験指>

同意が得られた被験者の指を2種類の指紋読取装置を用いてそれぞれ10枚ずつの指紋画像を被験指とした。ただし、薬指と小指の指紋画像の採取は対象外とした。

(3) 評価データ採取

登録データセットとしてID-BOXを用いて1被験指につき10枚の指紋画像を収集した。また、照合データセットとして照合用指紋読取装置を用いて1被験指につき10枚の指紋画像を採取した。採取には、PCにID-BOX及び照合用指紋読取装置を接続し専用のアプリケーションソフトウェアを使用した。

なお、指紋画像収集に際して、PCからのガイダンスとして、指をセンサーの上に置くタイミングを被験者に通知するため「指を置いてください」及び「指を離してください」の二通りのガイダンスを流した。指紋画像収集に立ち会ったPCのオペレータには、被験者に対する以下の案内を事前に周知し、必要に応じて指紋画像の再収集を行った。

- 1) センサー面への指の正しい置き方
- 2) センサーに当てるべき指の部位
- 3) センサーに対する指の押し加減
- 4) 上記3条件を踏まえて、PCに表示される指紋画像を注視すること
- 5) PCに表示された指紋画像が不適切であった場合の指導と再収取指示

(4) 評価データセットの作成

各被験指から収集した指紋画像のうち、ID-BOXで収集した指紋画像を登録用指紋画像データセットとし、照合用指紋読取装置で収集した指紋画像を照合用指紋画像データセットとした。

図3-7-3 画像データセット

ID-BOXで収集した被験者Aの右親指

1枚目	2枚目	3枚目	4枚目	5枚目	6枚目	7枚目	8枚目	9枚目	10枚目
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	------

登録用指紋画像

照合用指紋読取装置で収集した被験者Aの右親指

1枚目	2枚目	3枚目	4枚目	5枚目	6枚目	7枚目	8枚目	9枚目	10枚目
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	------

照合用指紋画像

<登録データセットの作成>

I D－B O Xで1 被験指につき1 0 枚ずつ収集した各被験指の指紋画像全てを登録データ作成のための指紋画像とした。この1 0 枚のうち、登録データ作成に適した3 枚を収集順に選択した。選択された3 枚を用いて一つの登録データを作成した。1 0 枚のうちいずれの指紋画像を用いても登録データが作成できなかった被験指については、「取得失敗指」^(注)とした。登録データセットの作成及び登録データの例を被験者Aの右親指の指紋画像1 0 枚、被験者Aの右人差指の指紋画像1 0 枚、被験者Bの右親指の指紋画像1 0 枚から登録データを作成した例、表3－7－3に例示した。すなわち、1 0 枚を用いても登録データを生成できない指が取得失敗指の範疇に区分される。

(注) 取得失敗指：被験指の怪我や手荒れを理由として、評価に加えることができない場合が多い。

表3－7－3 登録データ作成例

被験指[枚目]	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	登録処理
被験者Aの右親指	○	○	○	—	—	—	—	—	—	—	1, 2, 3 枚目を登録
被験者Aの右人差指	○	○	×	○	—	—	—	—	—	—	1, 2, 4 枚目を登録
被験者Bの右親指	×	○	×	○	×	×	×	×	×	×	取得失敗指とした

○：登録データ作成に寄与した指紋画像

×：登録データ作成に不適切と判定された指紋画像

—：登録データ作成には関わらない指紋画像

<照合データセットの作成>

照合用指紋読取装置で1 被験指につき1 0 枚ずつ収集した各被験指の指紋画像全てを照合データとした。同一被験指同士の照合においては、取得失敗指を除き、1 0 枚をそれぞれ照合データとした。異なる被験指同士の照合においては、1 0 枚全てを照合データとして用いた。

(5) 照合の組み合わせの設定

同一被験指同士の照合テストにおいては、登録データと同一被験指の照合データ1 0 枚とを、それぞれ照合した。異なる被験指同士の照合テストにおいては、登録データと異なる被験指の照合データ各1 0 枚とを、それぞれ照合した。照合の組み合わせ数から、照合試行回数あるいは照合判定試行回数を次の式に従い概算した。

$$M_G = N' \times 10$$

$$M_I = N' \times ((N' - 1) \times 10)$$

M_G ：同一被験指同士の照合判定試行回数

M_I ：異なる被験指同士の照合試行回数

N' ：取得失敗指を除いた被験指の数

被験者Aの右親指の指紋画像1 0 枚、被験者Aの右人差指の指紋画像1 0 枚、被験者Cの右親指の指紋画像1 0 枚の照合組み合わせ例を表3－7－4に例示した。

表 3-7-4 照合組み合わせ例

		登録データ		
照合データ	被験者	A		C
	指	右親指	右人差指	右親指
	右親指	G	I	I
A	右人差指	I	G	I
	右親指	I	I	G

G：同一被験指同士の照合（一致とされるべき）試験

I：異なる被験指同士の照合（不一致とされるべき）試験

（6）照合判定

一つの照合データと一つの登録データに対し、両者がどの程度似ているかを表す値として「類似度 $\equiv S$ 」を定義する。

$$S = F(\text{指紋1の特徴量, 指紋2の特徴量, } \{\alpha_{ij}\}) \cdots (1)$$

(1)式は、類似度 S が、照合アルゴリズムの中で用いられる複数のパラメータ値 α_{ij} の集合を変数とする関数 F によって定まることを意味するものである。勿論、この関数形は既知のものではなく、個々の指紋のデータセットに対して決まる性質のものではあるが、一般に経験則に従い何らかの近似式を照合アルゴリズムにより適応する。

図 3-7-4 類似度分布

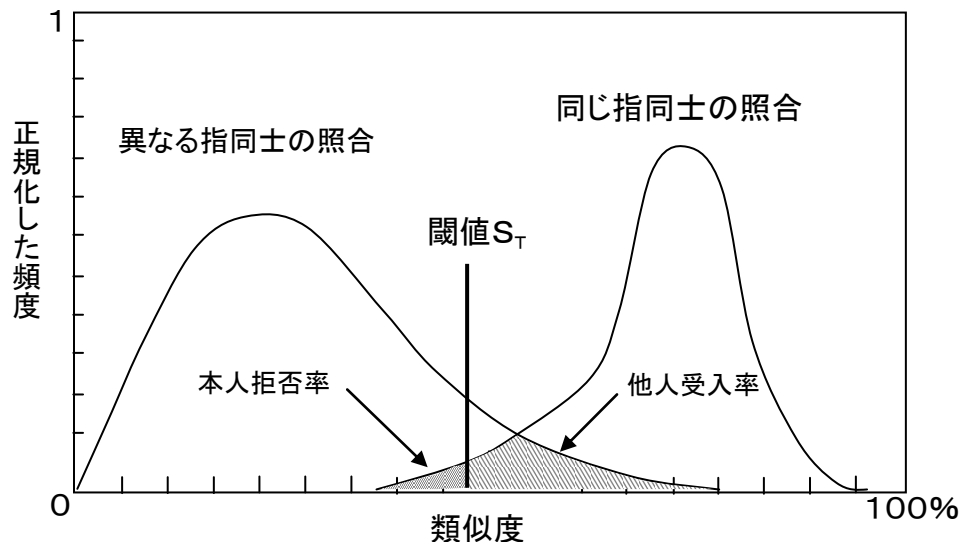


図 3-7-4 は、二つの指紋がどれほど似ているか（又は似ていないか）を表す類似度と、あらかじめ設定した閾値 S_T との比較により同一の指紋か否かを判定するための同一の指紋同士又は異なる指紋同士を繰り返し照合した場合の類似度の分布例を示したものである。横軸に%表示した類似度を取り、縦軸に正規化した頻度をとった。ここで、類似度は右にいくほど大きくなり、比較する二つの指紋が一致する度合いが高くなることを意味する。二つの類似度分布曲線が重な

らず、重なりのないところに閾値を設定すれば、原理的には誤差はゼロになるが、現実には重なり合いが生じるため誤認証が発生する。

3. 7. 2 採取結果

被験者60人から各6指ずつ、評価用指紋画像を収集した計360指を被験指とした。また、試行回数は3回（ $K=3$ ）として、以降の説明においては、試行回数3回を前提としている。

（1）取得失敗率

表3-7-5に示したように、同じ指から採取した指紋画像10枚から収集順に適切な3枚の指紋画像を用いて登録データの作成を試みた。ここでいう「適切な」とは、画像の質が一定の水準で採取されていてなおかつ、同じ指と判断するに足る類似度分布を持っていると判定されることを意味する。今回の360指に対する取得失敗率は、以下のような結果になった。

表3-7-5 取得失敗率

取得失敗指数	取得失敗率 (%)
1	0.28

（2）評価限界値

取得失敗指の度数が確定されたので前出の「3. 7. 1 評価結果（1）」で述べた評価限界値が、下記の表3-7-6の通り算出された。今後、評価結果の認証精度値は、この評価限界値(%)より大きい値の範囲で統計的に有意となる。

表3-7-6 評価限界値

取得失敗指数	N'	P_{FRR} (%)	P_{FAR} (%)
1	359	0.084	0.000467

3. 7. 3 照合判定閾値の決定

前項の結果より、試行回数が3回の場合の最適な照合判定閾値は68%となり、この最適な照合判定閾値を用いた場合の本人拒否率、他人受入率とそれらに対する評価限界値を表3-7-7に示す。

表3-7-7 精度評価の算定結果と評価限界値

	本人拒否率	他人受入率
算定結果	0.34%以下	0.38%以下
評価限界値	0.084%	0.000467%

4. 試作カードの性能・操作性・運用性の評価

2010年11月より開始した評価試験の内容を記載する。

4. 1 評価項目の検討と選定

今回の評価試験では、指紋認証精度、操作性及び運用性をまとめて評価しなければならないので次に示す方針を立てて実行した。特に指紋センサー付個人認証ICカードは従来のICカードとほぼ同じ形状であり（厚さは、3mmで1mm以内ではない）、想定されるアプリケーションも様々であるが、現在のICカード利用の延長線上で行われることが考えられ、その場での個人認証が重要な機能である。システムオンカードでは、指紋認証がいかに簡単に実行できるかという要素が重要であると考ええる。また、カードを紛失した場合、他人に悪用されることが防げるのかという問題に対しては、指紋認証の精度において、他人受入率が重要である。評価の方針として、

- (1) 今回の評価試験では、カードとしての評価を中心とする。
- (2) カードの運用時の基本的な性能としてカードの盗難、紛失時に他人に利用される場合を考慮し、他人受入率の誤認証率を中心として評価する。
- (3) カード上の指紋センサーが小さいため、一般的には認証精度の低下が予想されるが、本F/Sではこれを補う方式として、指紋登録時の指紋画像採取には、カード外の大きな指紋センサーを用いることにより認証精度の改善を狙っている。この認証精度を確認する。
- (4) カードとしての運用において基本的な運用時間を把握するため、登録時間、照合時間を測定する。
- (5) 認証精度の評価は、カード搭載指紋センサーと登録センサーで指紋画像を採取し、机上で処理する。
- (6) 今回は採取指紋画像の品質評価は行わない。ただし、指紋登録及び照合試行時、採取指紋画像から抽出されるマニューシャ数が4点以下の場合は指紋登録、照合試行を中断するロジックが組み込まれている。
- (7) 実施期間は12月中旬から開始し、追加の試験が必要な場合は暫時実施する。
- (8) 実施場所は、ニューメディア開発協会及び外部（不特定）とする。
- (9) 評価に使用するPC：3台
- (10) 評価に使用する指紋センサー付個人認証ICカード数：3枚
- (11) 被験者数：総合計20人
- (12) 評価対象指：左右親指、人差し指、中指、薬指
- (13) 指紋採取試行数：各指1本に対して1回とする。但し指紋登録時は3回試行とする。
- (14) 採集する被験者の属性：名前の代わりにコード記号を使用する。
他の属性は、アンケート又は口頭での質問により確認する。（性別、年齢、その他）

4. 2 評価試験の内容

4. 2. 1 指紋登録

試作カードに登録する指紋データは試作カード上の指紋センサーを使用するのではなく、外部の独立な指紋センサーにより指紋画像を採取し、その画像から、照合に必要な指紋テンプレートをPC上で作成し試作カードへ転送する方式となっている。指紋採取時に被験者が指紋センサー

の上に指を置くタイミング及びシステムが指紋画像の採取を終了し被験者が指紋センサーの上の指を離すタイミングを被験者に伝達するため、音声によるガイダンス、P C画面上への表示が付いている。

評価試験は、3回実施したが、1回目には左右の指4指（親指、人差し指、中指、薬指）を登録して実施した。後半の2回の評価試験においては、被験者からのヒアリングと状況を観察して左右の親指、人差し指を登録して実施した。

（１）登録用指紋読取装置

試作カード上の指紋センサーは使用せず、試作カード外部の独立した指紋センサーを用いた。

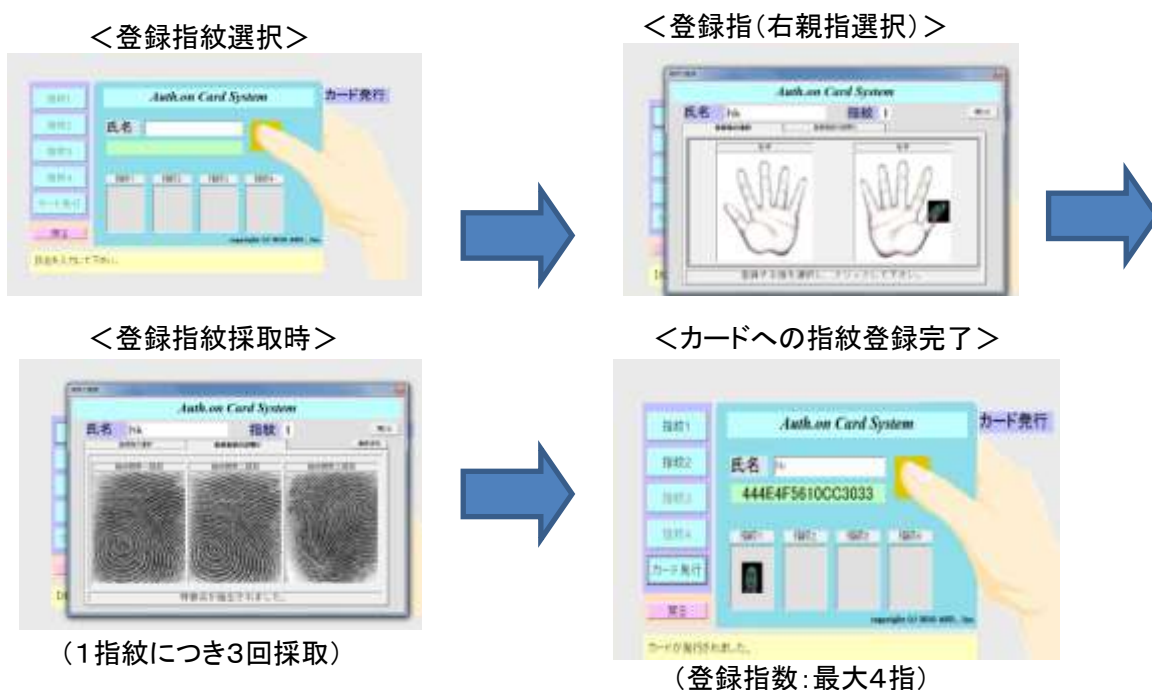
図４－２－１ I D－BOX



（２）指紋登録操作

指紋登録用に作成した評価用ソフトウェアの画面操作を以下に記載する。試作カードには、最大4指紋まで登録することが可能であり、登録指紋数は1指から4指の中から選択できる。また、左右指10本の中からどの指を登録するか選択して、3回試行（3枚の指紋画像採取）するようになっている。

図４－２－２ 指紋登録時の画面フロー



4. 2. 2 指紋照合

指紋照合は、図4-2-3のように、試作カード上の指紋センサーにカードの所有者が指紋照合を行うため、登録した指をセンサー表面上に置く操作を行う。照合のタイミングは、PCから被験者へ音声ガイダンス及び画面表示にて指示に従って被験指がセンサー上に置かれた直後である。照合結果は、PC画面に表示される。照合試行のリトライカウンタは最大3回に設定されている。照合が成立した場合は、試作カード上のLEDランプが緑になり、照合が不成立だった場合、赤のLEDランプが点灯する。

本人確認エラーの評価のため1回目は、9名について左右4指（小指を除く）について、各指について1回の試行で実施した。2回目以降は、左右の親指、人差し指の4指について、各指100回の繰り返し試行を実施した。

（1）試作カードによる照合

下図に試作カードによる親指照合時の状態を示す。カード上の指紋センサーに指を置くタイミングと、カードが指紋情報採取を終了し、指紋センサーから指を離すタイミングは、音声ガイダンスにより被験者を誘導するようになっている。

図4-2-3 試作カードによる指紋照合



（2）指紋照合操作

指紋照合の操作は、PC上の画面に表示される操作指示とボタン操作により進めることができる。図4-2-4に照合操作時の画面表示を示す。

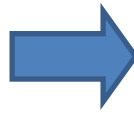
図 4 - 2 - 4 指紋照合

①照合成立時

＜照合開始の画面＞



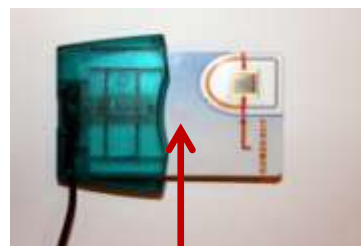
＜照合成立＞



＜照合終了時の画面＞



照合成立表示



LED(赤)点灯

②照合不成立時

＜照合開始の画面＞



＜照合不成立＞



LED(緑)点灯

照合不成立表示



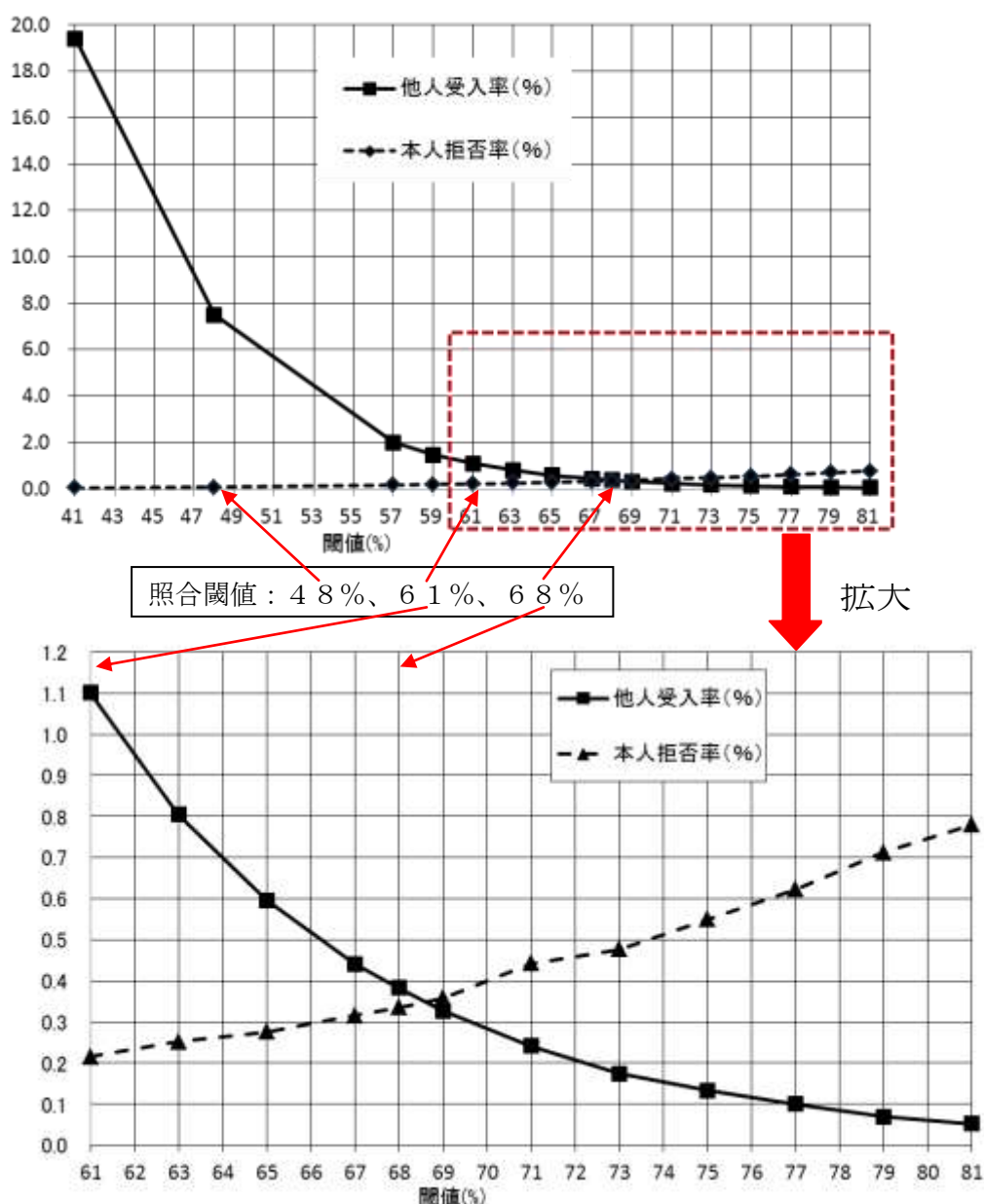
4. 3 評価試験のまとめ

「3. 7. 2 取得結果」で説明したように本人拒否率と他人受入率のグラフから照合判定閾値を決め評価試験を実施した。当初は本人拒否率を抑えるため照合判定閾値48%に設定して実施したが、本人拒否率、他人受入率共に10%を超えてしまったため、再度評価試験を行うこととなった。2回目の評価試験では、照合判定閾値を61%に設定したところ、本人拒否率、他人受入率共に低下した。そこで、再度照合判定閾値を検討し68%まで上げて試験を行ったところ本人拒否、他人受入率の誤認証は発生しなくなった。以下に閾値48%、61%、68%における評価結果を記載する。

4. 3. 1 評価試験の結果

照合判定閾値は算出した下図のグラフから48%、61%、68%（最適値）を選択し実施した。各判定値に対する他人受入率、本人拒否率は、「3. 7. 3 照合判定閾値の決定」で算定した通りである。

図4-3-1 照合判定閾値



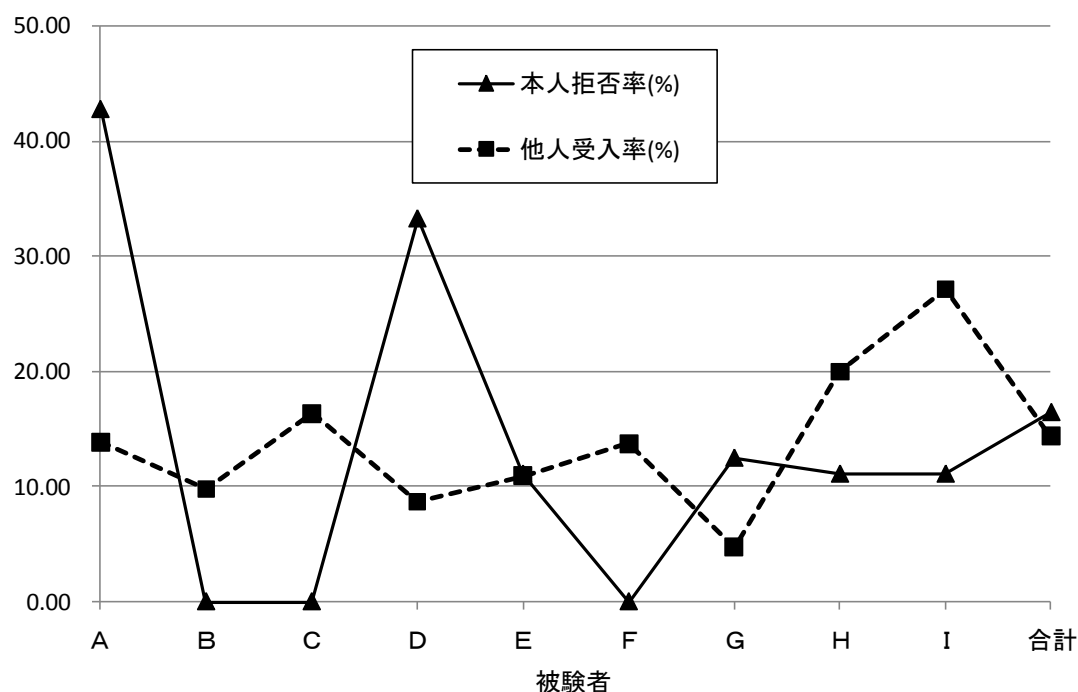
(1) 照合判定閾値 48%の精度評価

被験者 9 人（指紋登録者）について実施したが被験者に対してばらつきが大きく、平均の本人拒否率、他人受入率は共に 10%を超えて大きい値となってしまった。他人受入率の測定には、9 人の中から指紋登録者でない 8 人について左右 10 指を用いて照合試行を実施した。各指の照合試行は 1 回試行とした。

表 4-3-1 指紋認証精度（閾値：48%）

被験者	誤照合回数	試行回数	他人受入率(%)	誤照合回数	試行回数	本人拒否率(%)
A	37	267	13.86	6	14	42.86
B	25	255	9.80	0	8	0.00
C	45	275	16.36	0	8	0.00
D	21	241	8.71	4	12	33.33
E	27	247	10.93	1	9	11.11
F	35	255	13.73	0	8	0.00
G	11	231	4.76	1	8	12.50
H	55	275	20.00	1	9	11.11
I	82	302	27.15	1	9	11.11
合計	338	2348	14.40	14	85	16.47

図 4-3-2 指紋認証精度（閾値：48%）



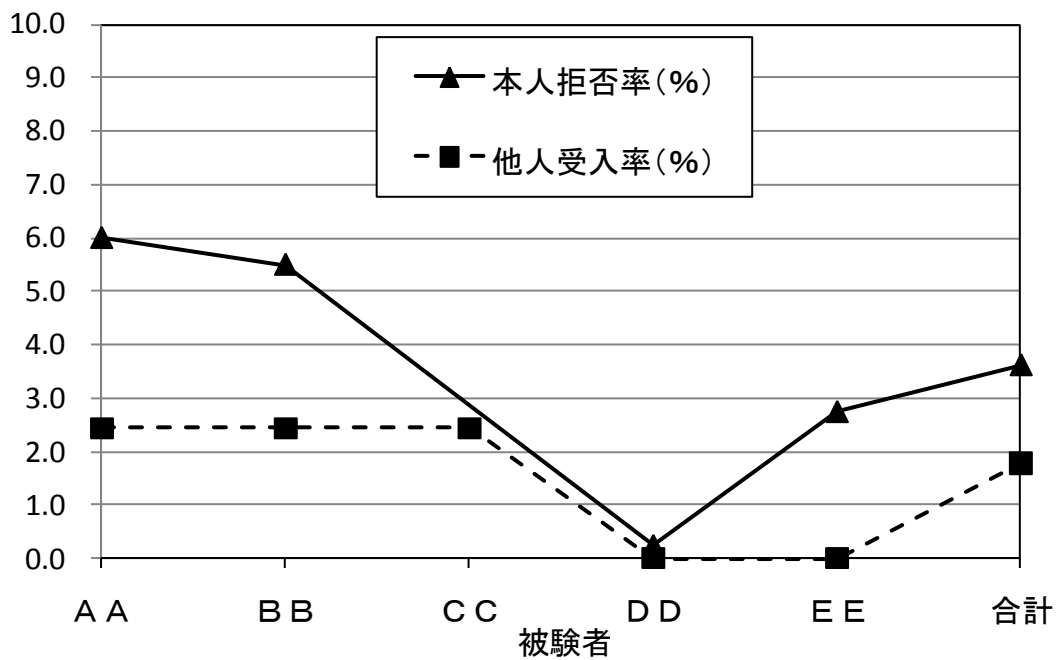
(2) 照合判定閾値 61%の精度評価

照合判定閾値を 61%にすることによって、本人拒否率が 3%のレベルまで、他人受入率が 1%台まで低下した。本人確認では測定精度を確保するため 1 指について試行回数を 100 回繰り返す方法に変えた。

表 4 - 3 - 2 指紋認証精度（閾値 4 8 %）

被験者	誤照合回数	試行回数	他人受入率(%)	誤照合回数	試行回数	本人拒否率(%)
AA	2	82	2.44	24	400	6.00
BB	1	41	2.44	22	400	5.50
CC	1	41	2.44	—	—	—
DD	0	20	0.00	1	400	0.25
EE	0	40	0.00	11	400	2.75
合計	4	224	1.79	58	1600	3.63

図 4 - 3 - 3 指紋認証精度（閾値：6 1 %）



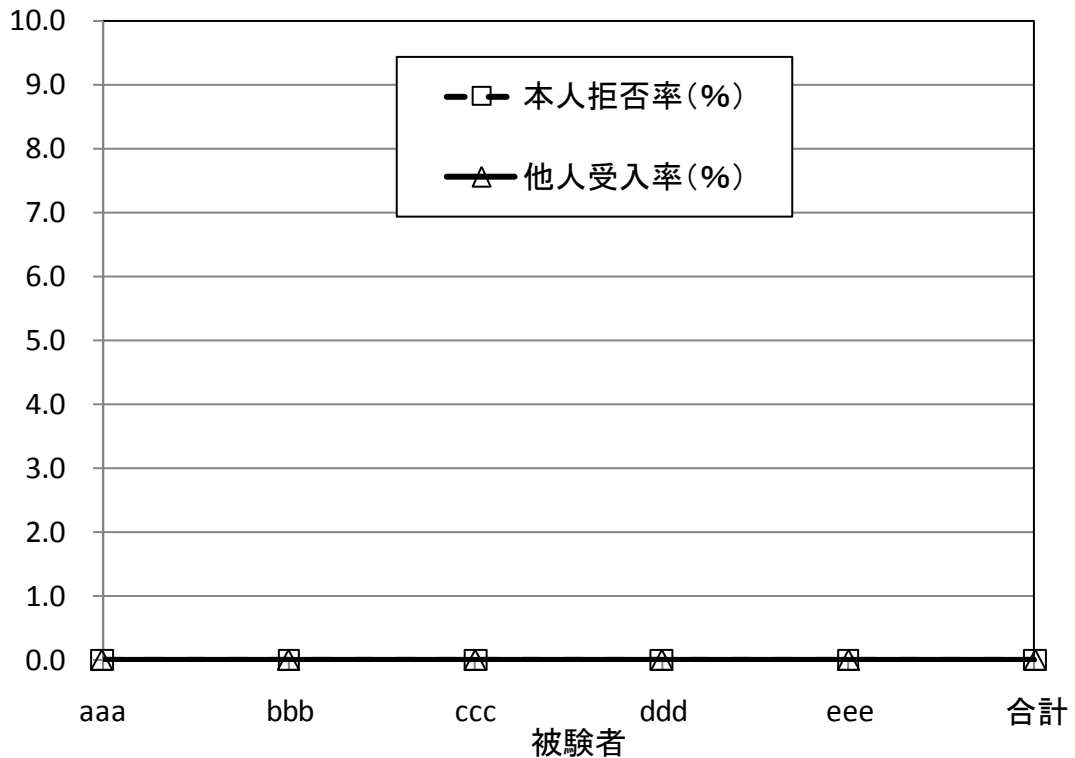
(2) 照合判定閾値 6 8 % の精度評価

本人拒否率及び他人受入率は、表 4 - 3 - 3 及び図 4 - 3 - 4 のようになり、誤認証は発生しなくなった。

表 4 - 3 - 3 指紋認証精度（閾値：6 8 %）

被験者	誤照合回数	試行回数	他人受入率(%)	誤照合回数	試行回数	本人拒否率(%)
aaa	0	80	0.00	0	400	0.00
bbb	0	40	0.00	0	400	0.00
ccc	0	40	0.00	0	400	0.00
ddd	0	20	0.00	—	—	—
eee	0	40	0.00	0	400	0.00
合計	0	220	0.00	0	1600	0.00

図 4 - 3 - 4 指紋認証精度（閾値：68%）



(2) 処理時間の結果

照合判定閾値 68%における処理時間を被験者 5 人の測定結果を平均した値で示す。

指紋登録の時間は、1 指につき 3 回試行する 1 回目でセンサーに指を置いたタイミングからカード上の LED ランプが点灯して登録が終了するまでの時間をストップウォッチで計測した。

指紋照合の時間は、P C に表示される処理時間を記録した。

表 4 - 3 - 4 処理時間

登録対象		処理時間(秒)	照合対象		処理時間(秒)
1指登録	親指	36	本人照合	親指	3.38
	人差し指	30		人差し指	3.45
	中指	38		中指	3.58
	薬指	39		薬指	3.78
	小指	39			
4指登録	左右親指と人差し指	92	他人照合	右親指	3.61
	片手親指～薬指	108		右人差し指	3.55
				右中指	3.53
	右薬指	3.81			
	右小指	3.44			
	左親指	3.78			
	左人差し指	3.66			
	左中指	3.88			
	左薬指	3.48			
	左小指	3.78			

※指紋画像取り込み時間は含まれない

4. 3. 2 追試験

評価試験は、平成22年12月末から2月中旬まで実施したが、この期間は一年で最も乾燥し寒い時期であり、指先の荒れ、乾燥が最も発生する時期であり、指紋画像の採取が難しい時期と重なり（指紋採集時間も含む）長くなってしまったと考えられる。今回試作したカード上に搭載された指紋認証ソフトウェアは、初めて非対称方の指紋認証アルゴリズムを用いたものであり、ファインチューニング、最適化が十分ではなかった。

指紋センサーとしては、今回、習熟度が求められるスワイプセンサーではない面タイプを使用し、登録画像を大きく、認証は小さい画像（カード上のセンサー）に適した非対称アルゴリズムで評価を行った結果、認証時にスキャンする画像のマニューシャが少ない場合に、他人受入率が低下する結果となったが、小さなセンサーでもマニューシャの多い画像が取得できれば、照合判定閾値を上げて、本人拒否率は変わらないことがわかった。

カードにセンサーを搭載することで、個人ごとに指紋の位置を設定することが可能となり、小さなセンサーでベストプラクティスな画像が登録できれば、システムオンカードで照合する優位性は出てくると考えられる。

誤認証、すなわち本人拒否率、他人受入率が最終的に0%となったが、測定精度は十分ではない。しかし、照合判定閾値の算出時に採取した指紋画像に対する特徴点の分布を考慮すると妥当な値と考える。指紋照合センサーからの画像採取については、特徴点が4個以下84個以上のものについては、照合を行わない方式にしている。

指紋登録用のセンサーと比較しカード上に実装された指紋照合用のセンサーのサイズ（有効領域）が小さいことにより、認証精度が低下するのではないかという指摘があり、指紋登録と照合を同じセンサーで行った。この結果から、対称版（指紋登録、照合を同一のセンサーで実施）は本F/Sのように非対称版（指紋登録時に照合時のセンサーより大きな採取面積のセンサーを使用）に比べ誤照合の割合は低下する傾向があるが、取得失敗率（登録や照合が出来ない指紋の割合）が10倍以上多くなり指紋の採取が困難になることがわかった。登録用の指紋センサーに採取面積の大きいものを使用するメリットはあると考える。

5. 成果のまとめ

新規に開発されたカード搭載可能な静電容量感知型指紋センサーを用い、指紋画像の採取から照合処理を全て I C カード内で実行できる指紋センサー付個人認証 I C カードを試作し、認証精度、運用性の評価試験を実施した。認証精度は、評価母数は少ないが照合エラーが発生しない状態まで持っていくことができた。認証時に採取する指紋画像のマニューシャが少ない場合他人受入率が増加する傾向が見られたが、小さなセンサーでもマニューシャの多い画像を取得すると照合判定閾値を上げて、本人拒否率は変わらないことがわかった。

指紋センサーのサイズ（有効領域）が小さく認証精度の低下が懸念されたので、登録指紋は、採取する採取面積がより大きな外部指紋センサーを採用した方式を採用した。カード上で指紋画像処理、照合を実行するためには、従来の I C カードに実装されている C P U の処理能力では不可能であり、約 30 倍ほど高速、低消費電力そして、入手が容易な C P U を選定し、専用の非対称指紋照合アルゴリズムを実装した。

I C カード上に実装された指紋センサーは、カード外の指紋登録センサーと方式が異なり、特に照合センサーは、採取面積が小さいことから認証精度が低下しているのではないかという懸念があったが、登録、照合を I C カードに実装されたセンサーで実施した場合と比較し、0.1% 程度の低下であり、登録用指紋センサーとして、採取面積の広いセンサーを用いた場合には、取得失敗率が 1 桁低下するメリットがあることが確認できた。

実運用時に近い方式で精度と運用性を評価するため、被験者に試作カードを使用して指紋認証を実行し、試作カードの性能と機能を確認した。指紋認証における合否判定に必須な照合判定閾値を最適な値に決めた結果、評価試験の被験者数は少なくなったが評価限界値内で誤認証が発生しなくなった。

認証速度については、今回実装した C P U による画像処理、指紋認証の処理速度は目標の 2 秒に対して 1 秒以上余計にかかったが、実用化に向けた十分な成果が得られた。

現在、カードに実装できるより高速な C P U は、量産化においては（大量購入の場合）入手可能であり、今回使用した C P U と比較し倍以上の高速処理可能な製品が市販されている。これらを使用すると、今回の F / S で得た結果より実用化段階で数倍の高速化が可能である。実用化に向けては市場開拓やアプリケーションの開発が重要である、国民 I D カード、住基カード、医療カード及び電子旅券などへの応用を進める必要がある。

今回の F / S を基に判断すれば、市場に出ている I C カードのように厚さ 1 mm 以下のカードについても試作開発の目処はたったと考える。今回は、接触方式での評価であったが、今後は非接触方式カードでの実用化を進める必要があると考える。

6. 今後の課題及び展開

6. 1 性能・仕様向上

今後は、カードとしてのコストと耐久性を満足するために、一体型のチップの開発（曲げや点圧強度評価が必要）も重要な課題である。小さなセンサーでマニューシャの多い画像を取得する方法を確立することが課題となる。非接触カードのように本人拒否率を重視した個人認証カードも考慮すれば、ICカードのコマンドでアクセスするデータの重要度に応じて、認証精度（照合判定閾値）をコントロールする仕組みも必要となる。

照合の処理時間が3.6秒と目標値よりはかかっているが、個人が家庭内で使用する場合（例えばインターネットを使用したe-commerceにおける個人認証への応用など）には全く問題ない時間である。

また、処理速度については、今回CPUとして入手しやすいSH2（160MHz）を用いたが、最近販売を開始したARM CortexやSH4（300MHz）などを使用することや、DSPを使用することが高速化には必要である。またカード化にはCortexM0、M3のようなセキュアで小型なタイプでの開発も必要になる。ICカード内部で全ての画像処理、認証処理を行い、カード外部へは、OK/NGのみを出力する方式で問題が発生するのではないかという質問もあるが、現在普及しているICカードと同様に、署名処理、認証処理及び暗号化を開発しシステム対応する必要がある。

更に内部の信号を読み出されないかという心配については、ICカード上のセンサーモジュールから他のモジュール（カード内）へ画像信号が出力されるが、暗号化や1チップ化などにより現在使用されているICカードと同様のセキュリティを保つことが可能である。CPUとして、量産化に向けて消費電力やセキュリティの面で先行する汎用マイコンのARMを紹介したが、国産化については、市場、アプリケーションを考慮した事業化の問題である。

6. 2 最近の国内外動向への対応

EU各国において指紋認証を中心とした第二世代のマッチオンカードを用いた国民IDカードの導入が進んでいる。またインドでは、約12億の発行が予測されている国民IDカードに指紋認証を取り入れている。これらのプロジェクトにおいて、指紋照合の精度については公開されていないが、米国で2007年より開始している政府職員、関連企業社員へのID管理のためのカードとしてPIVカードが発行されている。2010年後半に発行されたレポート（参考文献（3））によると発行総数は40万枚弱であるが、顔、指紋、虹彩情報を用いたマッチオンカードであり本年も引き続き導入が進められる。この公開文書には、指紋照合では精度（本人拒否率、他人受入率）は1%以下のものが要求されていることが記載されている。（参考文献（4））本F/Sで開発した指紋センサー付個人認証カードは、このプロジェクトへ提案できるレベルに達しているといえる。

参考文献

- (1) J I S T R X 0 0 5 3 : 2 0 0 2 「指紋認証システムの精度評価方法」日本規格調査会
- (2) 瀬戸洋一「サイバーセキュリティにおける生体認証技術」共立出版、2 0 0 2
- (3) Department of State Personal Verification Card quarterly report, March 31, 2010、
www.state.gov/documents/organization/144105.pdf
- (4) NIST SP800-76-1 “Biometric Data Specification for Personal Identity Verification”, NIST, USA, 2007 <http://csrc.nist.gov/publications/nistpubs/800-76-1/>

システム開発 22-F-11

指紋センサー付個人認証 I C カードの開発に
関するフィージビリティスタディ報告書
(要旨)

平成 23 年 3 月

作 成	財団法人機械システム振興協会 東京都港区三田一丁目 4 番 2 8 号 TEL 03-3454-1311
委 託 先	財団法人ニューメディア開発協会 東京都文京区関口 1 丁目 4 3 番 5 号 TEL 03-5287-5030