

# NEC指紋自動識別システム AFIS

NEC Automated Fingerprint Identification System (NEC AFIS)

中村浩政\* 池上芳郎\* 加藤幸弘\*  
Hiromasa Nakamura Yoshiro Ikegami Yukihiro Kato

## 要旨

NEC の指紋自動識別システム (AFIS : Automated Fingerprint Identification System) は高度のパターン認識技術を用いたシステムであり、日本をはじめ世界各国の警察に導入されています。

特に NEC の AFIS は、指紋に関する知識と経験を巧みにハードウェアおよびソフトウェアに組み込んだ結果できたものであり、高い精度にその特徴があります。

指紋による犯罪捜査の分野で威力を発揮しており、大きな成果をあげています。

The NEC Automated Fingerprint Identification System (AFIS) uses state-of-the-art pattern recognition technology. First introduced in the National Police Agency in Japan, this system is now installed and operating in law enforcement agencies throughout the world.

The NEC AFIS is the result of skillfully combining knowledge and experience of fingerprints into computer hardware and software, and is characterized by high accuracy.

Great results are being achieved as the NEC AFIS demonstrates its power in the field of criminal investigations through the use of fingerprints.

## 1. まえがき

指紋は万人不同および永久不変性の特徴があり、個人の識別方法として最も優れており、以前から世界のほとんどの国で利用されてきました。一般市民の身元を確認するための利用もありますが、主として犯罪捜査の目的で指紋が個人識別に利用されてきました。

この目的を大きく分けると次の 2 つがあります。

- (1) 個人を特定してその身元を確認すること。
- (2) 犯罪現場から採取した指紋（遺留指紋）によって、その事件の容疑者を割り出すこと。

この 2 つの目的のため、以前から人手により指紋照合が行われてきました。しかしながら、この手作業の方式は多大の労力を要し、また処理できる指紋の照合量およびファイル量も限られていました（特に遺留指紋照合関係業務において）。

このため、本格的な指紋自動識別システムの必要性が認識され、NEC は、警察庁殿のご指導のもと開発を推進しました。そして10年余りの歳月を経て1982年7月に警察庁殿にシステムを納入し、1982年10月から運用を開始するところとなりました。

その後、海外では、サンフランシスコ市警察殿へのシステムの納入（1984年稼動開始）を皮切りに、1988年6月末現在で、世界中で30システム（リモートサイトも含めると70サイト）の実績があり、犯罪捜査の面で大きな成果をあげております。

また、NEC の AFIS は、指紋についての専門家知識をコンピュータはもちろん後述する指紋読取装置、指紋入力モニタ装置および指紋照合処理装置などを含むハードウェアとソフトウェアに投入したエキスペートシステムと言えます。

技術的には、

- 1) 中間調（濃淡）イメージの高解像度デジタル化技術。
  - 2) 指紋専門家が利用しているリレーションの概念を導入したイメージの特徴抽出や照合などの高精度のパターン認識技術。
  - 3) 光ディスク装置を利用したイメージのリアルタイム検索技術。
  - 4) イメージのコンピュータ間通信技術。
- などがベースになっています。パターン認識、AI テクノロジーと C&C 技術の結晶と言えます。

以下、第 2 章に指紋の読み取り処理と照合の原理およびその原理を組み込んだ装置、第 3 章にシステムの構成について述べます。

\* 日本電気セキュリティシステム部 システム部  
NEC Security Systems, Ltd.

## 2. 指紋読み取りと照合

指紋の隆線（指紋の皮膚組織層の隆起部分）を観察すると、図1に示すように、隆線が切斷されている箇所（端点）と分岐して流れている箇所（分岐点）があり、これを特徴点（マニューシャ）と定義します。

一般的に、指の皮膚が柔らかいため、特徴点は歪があり、特にコップなどの物体に残された指紋（遺留指紋）は歪が大きくなります。そこで指紋専門家は、指紋が歪んでも特徴点相互間の隆線数（リレーション）が変わらないことに着目し照合に巧みに利用しています。

以下に指紋の読み取りからリレーション抽出までの特徴抽出と、リレーションを使用した照合について概説します。

また、それらの原理を取り入れ実用化した装置についても述べます。

### 2.1 指紋読み取り

#### (1) 特徴抽出処理

指紋の読み取りからリレーションの抽出までの処理過程を図2に示します。

指紋はインクの濃淡ムラや、指先の皮膚の荒れなどのために、一般的には“ノイジ”なパターンです。そこで、特徴抽出する前に、種々の画像処理を施します。

##### 1) 指紋画像の入力

指紋を形成している隆線の幅や間隔は、大人と子供、男



図1 指紋と特徴点

Fig. 1 Fingerprint and minutiae.

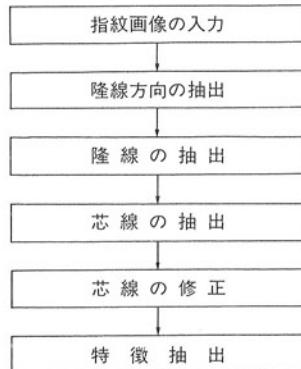


図2 特徴抽出処理

Fig. 2 Feature detection.

と女、指の種類などによって異なりますが、20本/mmの走査で特徴抽出に十分な画像が得られます。また、一指当たりのピクセル数は、 $640 \times 512$ とし、4ビット/ピクセルの濃淡画像として取り扱います。

#### 2) 隆線方向および隆線の抽出

指紋の隆線を小さな領域に限定して観察すると、1つの方向性をもって流れるという特性が指紋にはあります。小さな領域での方向を抽出し、これを隆線の抽出に利用することにより、多少の切傷、濃淡汚れなどを有する指紋からでも大幅に品質が修正された隆線が抽出されます（図3、図4）。

#### 3) 芯線の抽出と修正

2値化された隆線データの幅をなくし、隆線の尾根の部分、すなわち芯線のみを抽出します。そして、インクの付着具合や皮膚上のしわによって生じた芯線の切れやノイズを修正処理します。

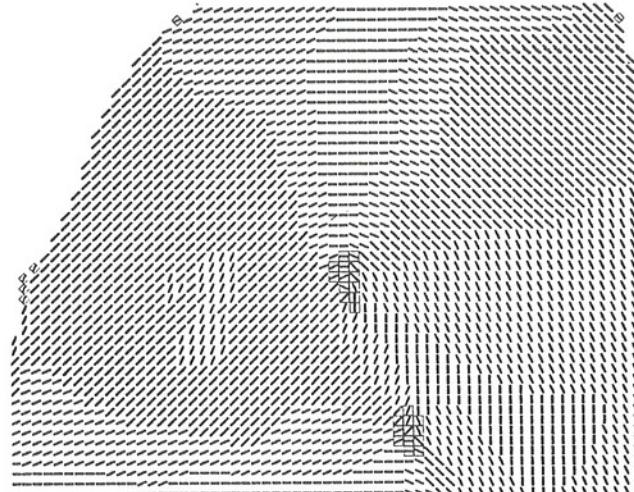


図3 隆線方向抽出

Fig. 3 Ridge direction detection.



図4 隆線抽出

Fig. 4 Ridge detection.

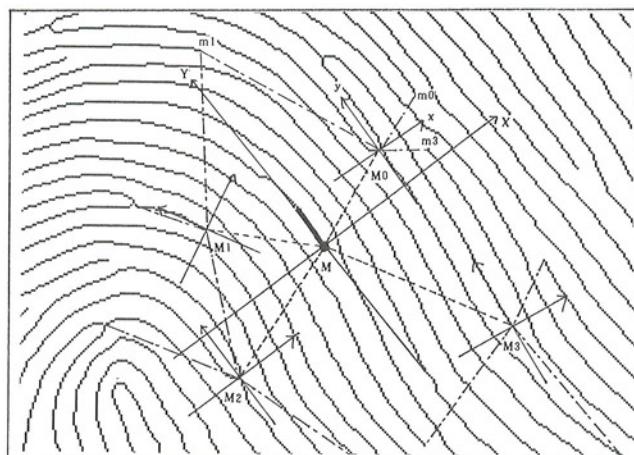


図 5 リレーション  
Fig. 5 Relation.

#### 4) 特徴抽出

芯線データより特徴点の位置および方向のほかに、近傍の特徴点との間に存在する隆線数をリレーションとして抽出します（図 5）。

#### (2) 指紋読取装置

指紋カードの読み取り処理、画像処理および特徴抽出処理をパイプライン処理方式で実現したもので、一指あたり平均1.5秒で処理します（写真 1）。

#### (3) 指紋入力モニタ装置

キーボードおよびタブレット付のグレイレベル表示可能なカラーディスプレイで、指紋の記述情報（性別、生年月日、紋様など）を入力します。

また、必要に応じてタブレットを使って特徴抽出された指紋イメージの修正も可能です。さらに、照合結果の確認にも使用されます（写真 2）。

#### 2.2 指紋照合

##### (1) 指紋照合の原理

従来特徴点の位置と方向による照合が一般的であったのに対し、リレーションを導入することにより、指紋を一種のネットワークで表現し、照合します（図 6、図 7）。



写真 1 指紋読取装置  
Photo 1 Fingerprint reader (FR).

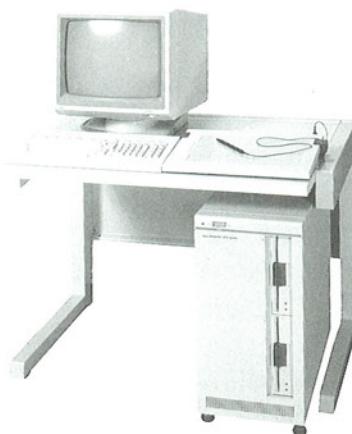


写真 2 指紋入力モニタ装置  
Photo 2 Fingerprint input monitor (FIM).

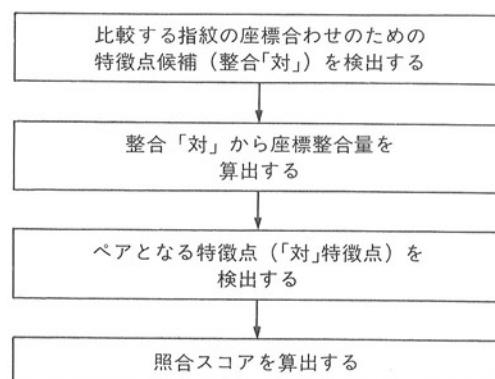


図 6 照合処理  
Fig. 6 Matching process.

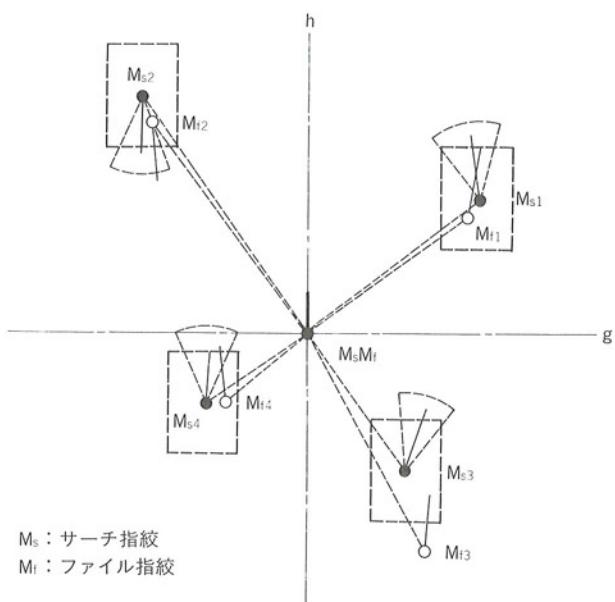


図 7 “対” 特徴点  
Fig. 7 “Pair” minutiae.

### 1) 整合「対」の検出

比較する指紋（サーチ指紋）とデータベース上の指紋（ファイル指紋）をリレーションをもとに比較し、座標合わせの基準となる整合「対」を検出します。

### 2) 座標の整合

整合「対」を利用してサーチ指紋とファイル指紋の2つの座標系を合わせ、サーチ指紋の特徴点をファイル指紋に整合する処理です。

一般的に人間が2つの図形を比較する時、2つの図形を重ね合わせ、片方の図形を回転し平行移動させながら最適な位置に合わせていくような方式により、整合量を求めます。

### 3) 「対」特徴点の検出

座標整合後、再度リレーションデータを主体とする相対的な位置合わせにより、「対」特徴点が決定されます。

### 4) 照合スコアの算出

「対」特徴点の確からしさを数値化し、照合領域、ノイズなどを考慮して、照合スコアとして算出します。

### （2）指紋照合処理装置

照合を高速に処理するために超大型コンピュータと同じ論理素子を使い、並列プロセッサ方式を採用した専用装置です。

この装置は、約1,000 MIPS相当の演算速度を有し、一対一指の照合を平均1.3 msecで実行します（写真3）。

## 3. システム構成

本システムはモジュール構成をベースとしており、小規模AFISから大規模AFISまでユーザの希望するサイズのシステムを容易に構築することができるとともに、システムの拡張にもフレキシブルに対応することができます。

また、システム形態としても、たとえば、

- (1) スタンドアローン型の基本AFIS構成
- (2) 遠隔地の端末から通信回線を介してセンタAFISにアクセス可能なネットワーク構成



写真3 指紋照合処理装置

Photo 3 Fingerprint Matching Processor (FMP).

（3）さらにAFISを通信回線で相互接続した、より高度なネットワーク構成など、さまざまな形態のシステムを実現しています。

### 3.1 基本AFIS構成

基本AFISは、入力サブシステム、照合サブシステムおよび光ディスクサブシステムの3つのサブシステムで構成されます。

基本AFISの機能は大きく分けて、「入力処理」、「照合処理」、および「指紋イメージ検索処理」があり、それぞれのサブシステムの機能に対応します。

#### （1）入力サブシステム

指紋読取装置により自動的に十指の指紋カードまたは遺留指紋カードの読み取りが行われます。イメージ処理の結果抽出された特徴点（マニューシャ）およびリレーションデータを、指紋入力モニタ装置で入力した付加情報とともに照合サブシステムに転送します。

また、光ディスクサブシステムへも登録用の指紋イメージデータを転送します。

#### （2）照合サブシステム

入力サブシステムから転送されたデータ（サーチデータ）と磁気ディスクのデータ（ファイルデータ）が指紋照合処理装置により照合され、類似度を表したスコアの高い順に候補リストが outputされます。

#### （3）光ディスクサブシステム

光ディスクに登録された指紋イメージをオンラインリアルタイムに検索、表示することができ、指紋イメージにより迅速に最終確認を行うことができます。

図8に基本AFISの構成例を示します。

### 3.2 リモート端末

指紋の入力処理および指紋イメージ検索処理については、基本AFIS構成が設置されるセンターサイトのみならず、分散したリモート地域からのオンラインアクセスの要求があります。

このために、大量入力に適した入力サブシステムのほかに、比較的小量の入力に適した入力機器群をそろえています。低価格量販向けの指紋入力端末として、最近パソコンベースの入力端末を開発しました。

図9に構成例を示します。TVカメラにて読み取った指紋イメージをパソコンに送り、IMPP (IMage Pypelined Processor)上のアプリケーションソフトウェアで高速にイメージ処理を行い、特徴点の抽出を行います。またセンタから確認のためのイメージが送られ表示されます。

### 3.3 AFISネットワーク構成

AFISを相互接続することにより指紋データのAFIS間ネットワークが構築されます。

カリфорニア州司法省殿システムにおけるネットワーク構成例を図10に示します。

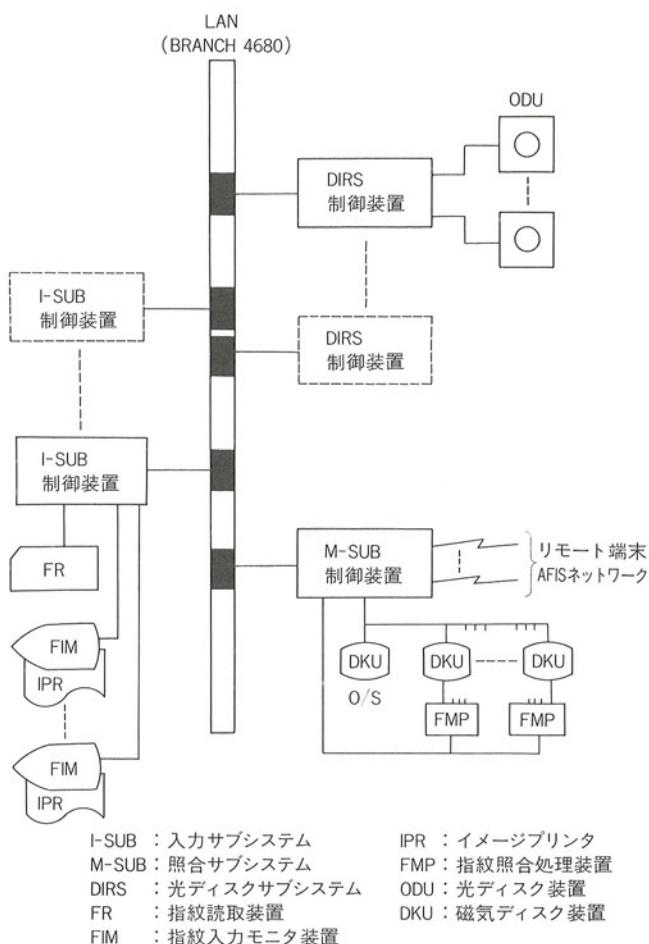


図 8 基本 AFIS 構成  
Fig. 8 Basic AFIS configuration.

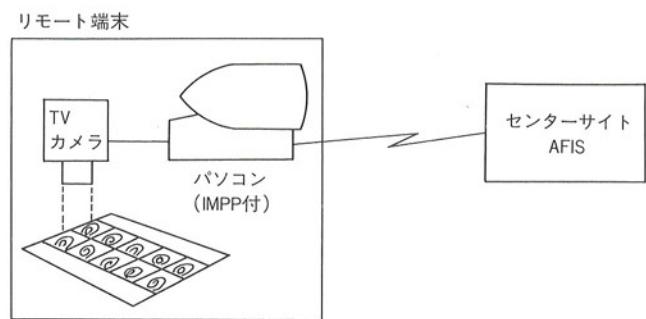


図 9 リモート端末の構成例  
Fig. 9 Remote terminal configuration.

#### 4. むすび

以上、指紋自動識別システムについて紹介しましたが、今後さらに、システム・製品の機能・性能を改善することはもとより、C&C 技術をベースとしたネットワーク化の推進および端末製品の多様化を図っていきます。

また、犯罪捜査以外の分野での指紋による個人識別のニーズも大きなものがあり、この方面的開発にも力を注いでいく所存であります。

最後に、NEC 指紋自動識別システムの開発が成功したことは、ひとえに警察庁殿のご指導および社内外関係各位のご尽力によるもので、ここに深く感謝の意を表わします。

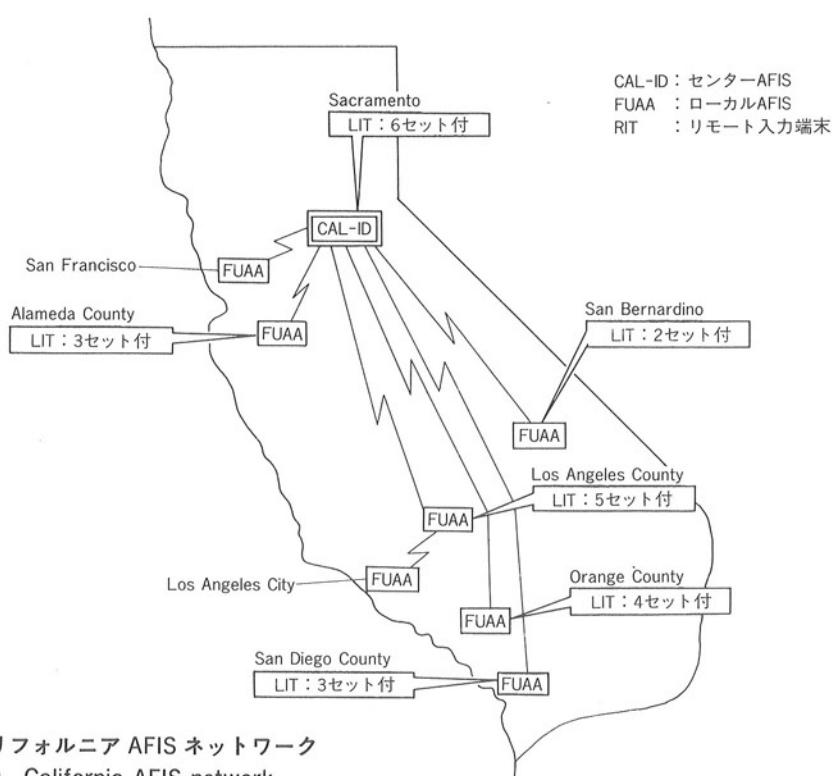


図 10 カリフォルニア AFIS ネットワーク  
Fig. 10 California AFIS network.

## 参考文献

- 1) 星野, 浅井;「指紋認識」, 電気学会雑誌, 98卷, 11号, p. 66, 昭53-11.
- 2) 星野;「線図形の認識と理解」, 昭和55年, 電気四学会連合大会31-4.
- 3) 河嶋ほか;「指紋自動識別システム」, 電子通信学会全国大会, 1514 (昭和58年).
- 4) 光沢ほか;「指紋画像処理及び特徴抽出高速化ハードウェア」, 電子通信学会全国大会, 1513 (昭和58年).
- 5) 月村ほか;「指紋照合原理」, 電子通信学会全国大会, 1515 (昭和58年).
- 6) 高島ほか;「指紋照合のためのファイル構造」, 電子通信学会全国大会, 1507 (昭和58年).
- 7) 甲斐ほか;「並列処理を採用した指紋照合方式」, 電子通信学会全国大会, 1511 (昭和58年).
- 8) 河嶋, 木地;「指紋による個人識別技術」, bit, Vol. 17, No. 12, p. 1456.
- 9) 河嶋, 木地;「指紋と掌紋による個人識別技術」, 情報処理, Vol. 25, No. 6, p. 599, June-1984.
- 10) 瀬戸, 星野;「指紋照合の自動化技術」, 画像電子学会誌, 第15巻, 第3号 (1986).
- 11) 水野, 松本;「多値指紋画像の直交変換符号化」, 電子情報通信学会創立70周年総合全国大会 (昭62年).

## 筆者紹介



Hiromasa Nakamura

なかむら ひろまさ

**中村 浩政** 昭和43年, 大阪大学工学部電子工学科卒業。同年, 日本電気㈱入社。各種情報処理システムの開発・設計を経て, 海外指紋システムの開発に従事。現在, 日本電気セキュリティシステム㈱システム部長代理。情報処理学会会員。



Yoshiro Ikegami

いけがみ よしろう

**池上 芳郎** 昭和45年, 京都大学工学部電気工学第二学科卒業。同年, 日本電気㈱入社。大型コンピュータの開発・設計を経て, 海外指紋システム開発に従事。現在, 日本電気セキュリティシステム㈱システム部課長。



Yukihiko Kato

かとう ゆきひろ

**加藤 幸弘** 昭和50年, 東京理科大学理工学部経営工学科卒業。同年, 日本電気㈱入社。指紋画像処理, 照合アルゴリズムの開発を経て, 指紋自動識別システムの開発に従事。現在, 日本電気セキュリティシステム部部主任。