

# 指紋照合システム (AFIS)

## Automated Fingerprint Identification System (AFIS)

星野 幸夫\*  
Yukio Hoshino

### 要 旨

昭和46年, NEC は日本の警察庁殿と指紋自動照合システム (AFIS) の研究を開始し, 57年, 最初の実用機を警察庁殿に納めました。これは, 遺留指紋照合が正確に行える世界で最初のシステムでした。海外には, 59年にサンフランシスコ市警察殿に納入されて以来, NEC の AFIS は世界中の多くの警察に納入されています。

NEC の AFIS は, 未知の指紋 (照会指紋) を構成する線 (隆線と呼ぶ) の端点および分岐点 (これらをマニューシャと呼ぶ) の位置と方向のほかに, マニューシャ間の隆線の数を特徴として, 自動的に抽出してあらかじめ記録されている既知の指紋 (ファイル指紋) の同様の特徴とを自動的に照合して, 候補指紋を引き出します。光ディスクには, ファイル指紋の画像を登録しておき, 候補指紋の確認を指紋の専門家が行っています。

センターの AFIS に, ほかのリモート AFIS, あるいは複数のリモートワークステーションを接続して照会ができます。

In 1971, NEC began research with the National Police Agency (NPA) of Japan to develop an Automated Fingerprint Identification System (AFIS). In 1982, the operational system was installed at the NPA. This was the first system in the world which could accurately identify latent fingerprints. The first NEC AFIS outside of Japan was installed at the San Francisco Police Department. Now, the AFIS systems are installed at many police agencies worldwide.

The NEC AFIS uses ridge (line within fingerprint) counts between minutiae (ridge ending and bifurcation) in addition to the minutia position and direction. The system detects minutia from unknown fingerprints, calculates similarities between the unknown fingerprint and known fingerprints, and picks up shortlisted candi-

date fingerprints. Using an optical disk file, the system stores images used in the verification of the candidate fingerprints.

By networking the central AFIS with a plural number of remote input and verification workstations, on-line searches can be performed from the remote workstations.

### 1. ま え が き

昭和60年, ロサンゼルスで十何人も殺し, ナイトストーリーと呼ばれていた悪名高い通り魔を, カリフォルニア州警察殿に納入したばかりの NEC の自動指紋照合システムが, 遺留指紋照合で割り出し, 現地の新聞やタイムズなどの雑誌に大きく報道されました。第1号機を日本の警察庁殿に納めた時は, 時効寸前の犯人を割り出し, やはり新聞に大きく報道されました。また, サンフランシスコ市警察殿の調べでは, 導入以後に強盗件数が25%も減ったという数字が出ています。

同一の指紋を持つ人は2人といない, 指紋は傷つかない限り一生変わらないという特性を利用して, 人の異同を見分けるための指紋の照合は, 警察での犯人捜しに利用されています。しかし, 警察業務における大量の指紋との照合は訓練と経験を要する専門的な仕事で, 要員は短期で養成できるものではないので, パターン認識を用いたコンピュータによる指紋照合の自動化が古くから求められていました。

46年に, NEC は警察庁殿と共同で自動指紋照合の研究をはじめ, 約10年後の57年に実用化に成功し, このように世界各地で活躍するようになりました。

日本の警察庁殿を皮切りに, 今では世界各国で NEC の自動指紋照合システムが活躍しています。アメリカの各州, 各郡 (カウンティ), 各市, スウェーデン, フィンランド, スペイン, サウジアラビア, オーストラリア, ニューゼaland, タイ, シンガポール, 台湾などの各国の警察に納められ, システムを構築中のものも含めてユーザの数は43, これらのセンターから遠いところに設置された, ワークス

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

テーションのユーザの数も加えるとその数は209になっています (平成3年現在)。

カリフォルニア州では各地の警察が照合システムを持ち、さらに州都サクラメント市の州警察のセンターに、州の大部分の指紋がファイルされています。もし州内の各自治体警察の持っている AFIS で照合して一致するものがなかった時は、サクラメント市にあるセンターに照会して調べる仕組みになっており、そのためのネットワークが張られています。通信回線を介して遠隔地に結合されている端末の数は約30あります。

このような指紋照合ネットワークはさらに州間に広がり、アメリカのアラスカ州を含む西部の諸州(カリフォルニア、モンタナ、アイダホ、ワイオミング、ワシントン、オレゴン、ユタ、ネバダなど)で、州間の照合ネットワークが結ばれています。

スウェーデン、フィンランド、スペイン、サウジアラビア、オーストラリアの場合は、全国ネットワークになっています。

以下に指紋の特徴、照合方式およびシステムについて紹介することにします。

## 2. 指紋の特徴 — マニューシャとリレーション —

犯罪現場から採取される遺留指紋は、低品質でかつ部分的な指紋のため変形も大きく、同一人の指紋でも、押捺時により、たとえば図1の(a)、(b)のように大きく変わったり、別人の指紋でも(a)、(c)のようにマニューシャ(指紋の隆線の端点あるいは分岐点を言います)の位置方向は同じこともあります。しかし、(a)、(b)の間では、隆線数は同じで、(a)、(c)の間では隆線数は異なります。つまり、マニューシャの位置と方向だけでは(a)と(c)を区別できませんが、マニューシャの間の隆線数を用いれば

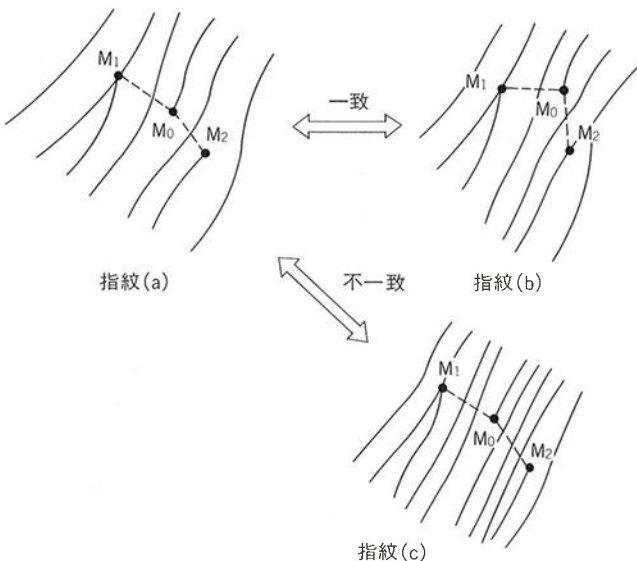


図1 リレーションの効果  
Fig. 1 Effectiveness of relation.

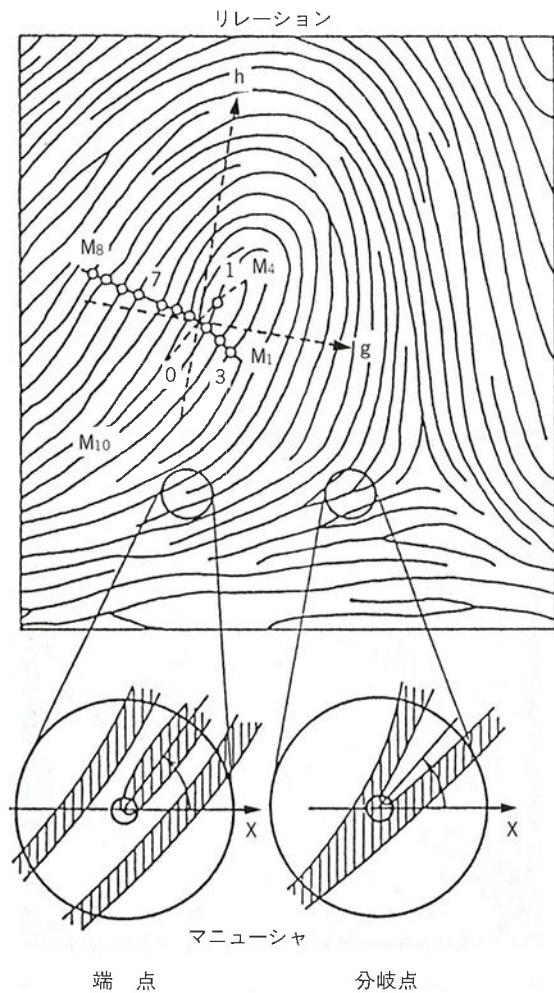


図2 マニューシャとリレーション  
Fig. 2 Minutia and relation.

区別できるのです。このようなことをベースに、各マニューシャとはかのマニューシャとの間の隆線数を特徴とするマニューシャ・リレーション方式が開発されました。

図2に示すように特徴としてのマニューシャMは、種類(端点か分岐点)、位置(X, Y)および方向Dによって表現されます。X, YとDは指紋の中心点と、その近傍の紋様の構造、あるいは指の頭の方で決定される座標系によって決まります。さらに、各マニューシャMの位置(X, Y)を局所座標系の原点とし、方向Dを局所座標系のg軸のプラス方向、g軸と直交する軸を局所座標系のh軸とし、その各象限において最も近くにあるマニューシャとマニューシャMとを直線で結んで、それと交差する隆線数を求めます。これをリレーション(Relation)と呼びます。図2のリレーションの図は、局所座標の第1象限の最も近くのマニューシャとの間に隆線が1本、第2象限では7本、第3象限\*で3本、第4象限\*で0本であることを表しています。

すなわち、このマニューシャは図3のように文字と数字

\* 本システムの第3、第4象限は、一般的な象限と逆になっています。

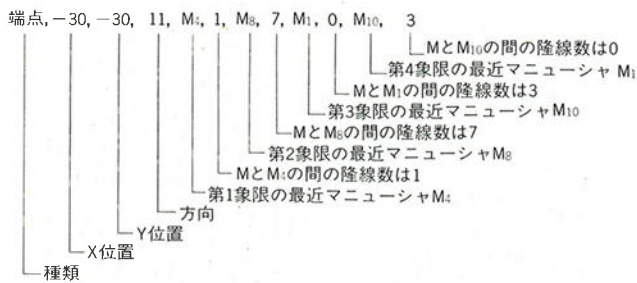


図3 マニューシャ・リレーションの表現  
Fig. 3 Representation of minutia relation.

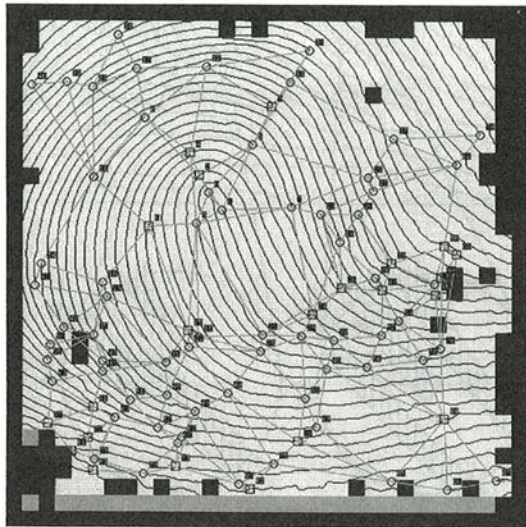


図4 指紋のマニューシャとリレーションの抽出結果  
Fig. 4 Result of fingerprint minutiae and relation detection.

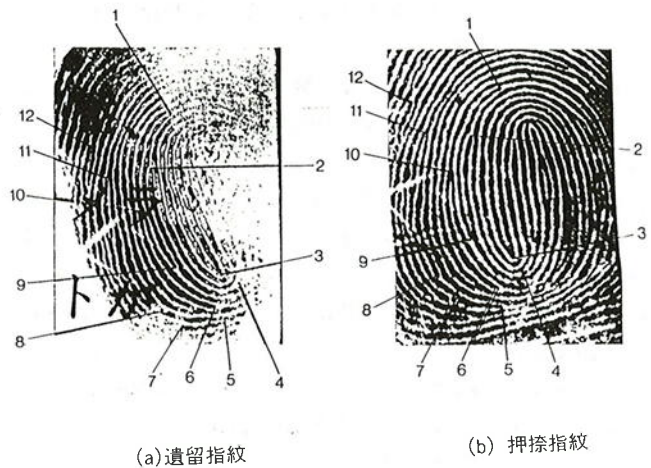


図5 指紋の照合  
Fig. 5 Concept of fingerprint matching.

の隆線の数を記憶して、同じ位置関係および隆線関係にあるマニューシャを (b) の中から探すとうまくいきます。この後は (a) でマニューシャ3の右下に隆線1本を数えてマニューシャ4がありますので、このようなマニューシャを (b) で探します。

次は、マニューシャ4から左下のマニューシャ5に対応するマニューシャを (b) から探します。このようにしてもづる式にマニューシャをたとえば12個探すことができたすると、確実にこの2つの指紋は同じ指からのものとして良いと言われています。自動指紋照合装置システムは、このような専門家の鑑定方法や知能を機械化すれば良いこととなります。つまりある程度の人工知能技術を用いたシステムです。

自動照合方法を、照会指紋とファイル指紋に適用しますと、これら2つの指紋が最も良く合うように、位置と回転を調整し、図6に示すように2つの指紋の共通領域(図の斜線のない部分)で、対応するマニューシャの対応強度の総和を求めます。隆線の途切れ、短い隆線から生まれる意味のないマニューシャは無視し、相手側に対するマニューシャがない非対マニューシャにマイナスの対応強度を与えて、対応する強度の総和から差し引きます。この結果が2つの指紋の間の類似度の基本の値となります。

#### 4. システム

次に指紋照合のためのシステムの説明をします。

NECのAFISは、図7のように大きく3つのシステムからなっていて、まず入力サブシステムの指紋読取装置(写真1)で指紋を走査し、画像処理し特徴を求めます。指紋読取装置が十指指紋カードを読むスピードは、1時間につき100枚以上240枚にもなります。

この指紋の読み取りが終わると、指紋カード上に書かれた性別・生年月日を入力し、さらに図8に示すような、各指紋の紋様(渦状紋・左流蹄状紋・右流蹄状紋・弓状紋・

の列で表されます。

指紋照合をコンピュータで自動的に行うには、各特徴が数値的に出ているなければなりません。そのために指紋の画像処理<sup>1),2),5)-7)</sup>が行われます。

図4に自動的に特徴抽出した結果を示します。

#### 3. 照合方式

指紋照合を専門としている人は、2つの指紋が似ている場合にそれらが同じか否かを、どのようにして判断しているのでしょうか。

図5の(a)と(b)の2つの指紋((a)は犯罪現場からの指紋(以下、照会指紋と呼ぶ)で、(b)はインクで押捺された指紋(以下、ファイル指紋と呼ぶ))を見て、まず(a)の中で最もはっきりしているマニューシャ9を見つけ、このマニューシャ9に対応するマニューシャを(b)の中から見つけます。と言ってもマニューシャ9を単に下向きの端点と記憶しただけでは、同じく下向き端点は(b)に複数個あるので失敗してしまいます。

少なくとも近くにあるほかのマニューシャ、たとえばマニューシャ8とマニューシャ3との位置関係とお互いの間



クから候補指紋の指紋画像を読み出して、入力サブシステムの指紋モニタに送ります。指紋モニタの確認時には、照会指紋と候補指紋の2つの画像がモニタに指示されるので、このモニタ上の画像を見て同一の指紋か否か確認<sup>3)</sup>します。

このようなシステムによって主として指紋照合の次の業務が実行できます。

#### (1) 身元照会

被疑者の指から押捺された十指指紋カードの指紋の特徴を、データベースに記録された多数の十指指紋カードの指紋の特徴と照合して、被疑者の身元を知ります。

#### (2) 遺留指紋照会

犯罪現場から採取された遺留指紋の特徴をデータベースに記録された十指指紋カードの10指分の特徴と照合して、犯罪を犯した者が誰かを特定します。

ところで、多量のファイルの中から効率的に検索するためには、前もってキーワードで分類しておき、検索時にはその目的物の性質・特徴の中で分類のキーワードに当たるものを決め、ファイルの中から抽出し、その後目的物に最も合致するものをその類の中で探すのが一般的ですが、指紋の場合も同様のことが言えます。指紋のファイルを分類する場合、最も明確な分類は、図8に示した渦状紋・左流蹄状紋・右流蹄状紋・弓状紋の4つです。民族によって違いますが、渦状紋・左流蹄状紋・右流蹄状紋が各々30%、弓状紋が10%の比率と言ってよいでしょう。

これらの類が、はっきり分けられるならば、たとえば百万人の指紋、1,000万指は、300万・300万・300万・100万と分けられるのですが、1つの分類に断定できない、非常に分け難いものもあります。これらの分類しにくい指紋がたとえば3.3%あるとします。そうすると1,000万指のうちの33万指がこの分類しにくい指紋となり、残りの967万指が分類できるものとなり、したがって1,000万指は、290万・290万・290万・97万の4つの類とそのほか不明のもの33万に分けられます。

さて、1つの遺留指紋が渦状紋であると判定できたとすると、290万指と分類不可の33万指と照合しなくてはなりません。1指と照合するのに、仮に1秒とすると、323万秒かかります。323万秒は897時間ですから、昼夜24時間、休日なしで働いても38日、すなわち約1ヵ月は優に必要となります。そこで、1指との照合を遅くとも1,000分の1秒の間に実行するようにして、323万指との照合を約1時間で実行できるようにしました。もし、この照合を10分間で終える必要があれば、6台の照合装置を結合すればよいのです。

## 5. あとがき

指紋照合はコンピュータによる画像処理、パターン認識、画像データの圧縮技術、人工知能技術、ネットワーク技術の応用の大きな成果の1つであり、文字通り人類の平和のために貢献してきたシステムの1つでしょう。

それも昭和57年に花開いて、まだ10年にも満たない年若

いシステムなので、不満足な点もあります。将来の課題としては、以下の点に集約されているように思われます。

まず高精度特徴抽出が課題です。指紋エキスパートが行うのと同じ程度に、低品質の遺留指紋から正確に、しかも自動的に、特徴を抽出することです。現在実用化されていますが、まだ、指紋エキスパートの希望を十分に満足するものとは言えません。指紋の隆線を認識する能力が、まだまだ指紋のエキスパートの能力に遠く及ばないからです。

次は、ネットワークの拡大です。指紋は、万人不同の性質がありますが、まだその特性は十分に利用されているとはいえません。アメリカのように広大な国土では、州間でネットワーク化することは、すでに述べた西部諸州のネットワークが実現したことを契機として、かなり広い範囲の照合が可能となりつつあり、全米にネットワークされるのは時間の問題と言えるでしょう。

広域のネットワークの問題として、AFISのメーカごとに照合用特徴、確認用イメージデータの圧縮方法や、通信プロトコルの違いがあり、この点についての標準化が進められているところです。

## 参考文献

- 1) 高島政志ほか「指紋照合のためのファイル構造」、甲斐正治ほか「並列処理を採用した指紋照合方式」、加藤幸弘ほか「指紋モニタ装置」、光沢康文ほか「指紋画像処理及び特徴抽出高速化ハードウェア」、河嶋織ほか「指紋自動識別システム」、月村崇ほか「指紋照合原理」、以上1983年電子通信学会総合全国大会。
- 2) 河嶋操、木地和夫；「指紋と掌紋による個人識別技術」、情報処理、Vol. 25, No. 6, 1984年。
- 3) 水野昇治、白淵徹；「指紋画像の予測 MH 符号化」、電子通信学会、1984年。
- 4) 森田孝一郎、浅井紘；「個人識別用指紋照合端末」、電子通信学会、1985年。
- 5) 瀬戸昌忠、星野幸夫；「指紋照合の自動化技術」、画像電子学会誌、1986年。
- 6) 浅井紘、星野幸夫、木地和夫；「マニューシャネットワーク特徴による自動指紋照合一特徴抽出過程一」、「マニューシャネットワーク特徴による自動指紋照合一照合過程一」、電子情報通信学会論文誌D-II, Vnl, 72-D-II No. 5, 1989年。
- 7) 星野幸夫；「犯罪捜査の頼もしい助っ人自動指紋照合システム」、スペクトラム Vol. 04, No. 01, 1991年。

## 筆者紹介



Yukio Hoshino

星野 幸夫

昭和36年、北海道大学理学部数学科卒業。同年、日本電気(株)入社。研究所でパターン認識、特に、文字認識・指紋照合の研究に従事。57年、情報処理官庁システム事業部に異動。60年、日本電気セキュリティシステム(株)技師長、平成3年より取締役。電子情報通信学会、情報処理学会各会員。53年、機械振興協会賞受賞。