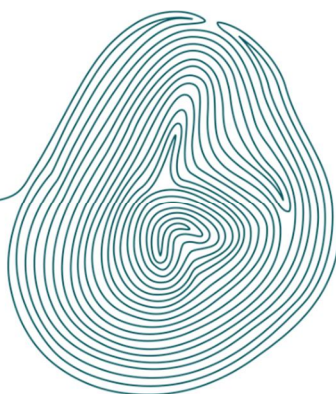


指掌紋識別業務の 高度化・効率化に係る実証実験

成果報告書
令和6年12月20日
株式会社 RUTILEA



目次

1. 背景と目的	2
2. 基礎用語	3～4
3. 実証実験の方法	5～7
4. 実証実験の結果	8～9
5. 課題に対する解決策	10～11
6. 業務効率化の可能性検討	12
7. 結論	13

1. 背景と目的



報告書番号	1
項目	背景と目的

背景

近年、生成 AI の急速な技術革新により、画像や動画の解析技術は飛躍的な進歩を遂げています。

特に、画像生成技術と画像判定技術の分野では、従来の手法では困難だった高度な画像処理や特徴抽出が可能となってきました。本実証実験が対象とする指掌紋の分野においても、これらの最新技術の適用により、画像の不鮮明さや部分的な欠損に対する補完能力の向上、特徴点の高精度な検出、より正確な照合など、大幅な性能向上が期待されています。

目的

本実証実験では、警察庁等が将来的に行うシステム整備の基とするため、指掌紋識別業務に対して AI 等を用いた高度化・合理化の実現に資する具体的方策及びそれに伴う課題を把握することを目的としています。

将来目標と主要な観点

これらの背景と目的を踏まえ、本実証実験では、「最新の AI 技術に基づいた指掌紋照合技術をオープンに導入できるようにすること」を将来目標とし、以下 3 点を主要な観点として取り組みました。

1. 最新 AI 技術を活用した実証実験モデルによる検証の実施
2. 指掌紋識別における業務の省力化、照合時間と照合及び特徴点抽出精度の向上を実現
3. ベンダーロックインの徹底排除とランニングコストの削減

2. 基礎用語

報告書番号	2
項目	基礎用語

隆線、特徴点、照合

下図の指掌紋画像において、黒い線で示される部分は「隆線」と呼ばれ、皮膚表面の盛り上がった線状の模様を表しています。

「特徴点」は画像中で赤い丸で示されており、隆線が形作る特異な形状を持つ点として定義されます。

「照合」とは、入力された指掌紋データをデータベースに登録されている他の指掌紋データと比較し、一致するデータが存在するかを確認するプロセスを指します。この照合プロセスにおいて、先述の特徴点の情報が重要な判定基準として使用されます。



図 2-1 「隆線と特徴点」

押なつ指掌紋、遺留指掌紋

指掌紋画像は、取得方法により、「押なつ指掌紋」と「遺留指掌紋」の 2 種類に分類されます。

押なつ指掌紋とは、警察署等に設置されたライブスキャナを用いて採取される指掌紋画像であり、管理された環境で取得されるため、高品質な画像であることが特徴です。

一方、遺留指掌紋とは、事件現場等で採取される指掌紋画像を指します。採取環境や条件が一定でないため、画像が不鮮明になったり、指掌紋の一部分しか採取できなかったりするという特徴があります。

2. 基礎用語

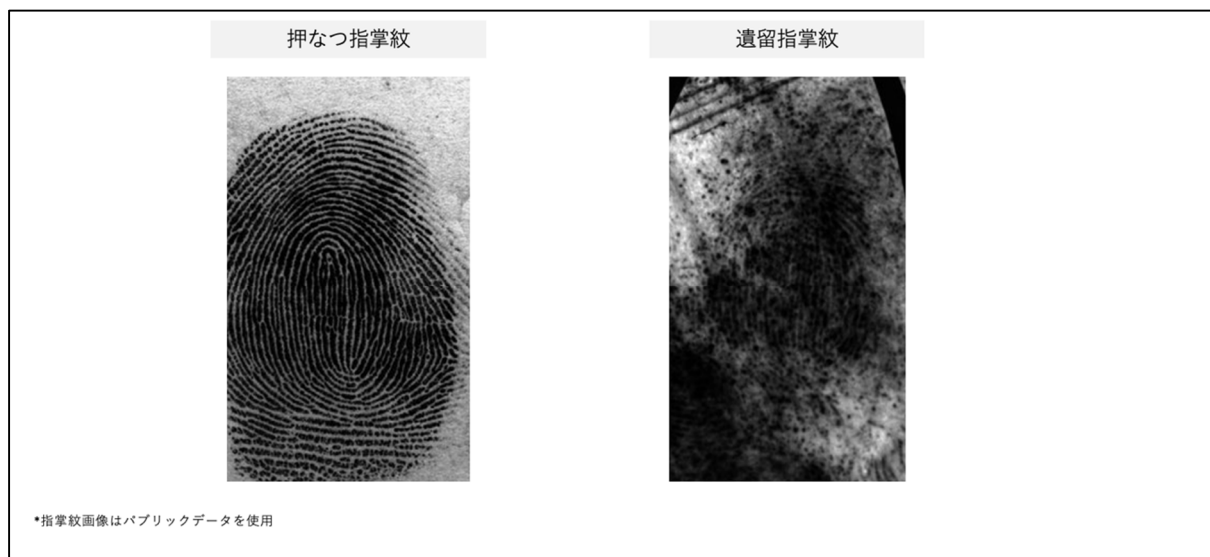


図 2-2 「押なつ指掌紋と遺留指掌紋」

3. 実証実験の方法

報告書番号	3
項目	実証実験の方法

1. 実証実験モデルの概要

本実証実験モデルは、AI を活用した指掌紋識別システムです。システムの処理フローとして、まず指掌紋画像を入力データとします。指掌紋画像は不鮮明な箇所やつぶれている箇所が含まれることがありますが、AI によって隆線を復元する処理を実施します。

次に、復元された隆線データから特徴点を抽出します。抽出された各特徴点について、AI を用いて周囲の情報を含む局所的特徴を取得し、これを照合に使用します。

隆線の復元処理と局所的特徴の抽出処理に AI 技術を活用している点が本実証実験モデルの主要な特徴です。

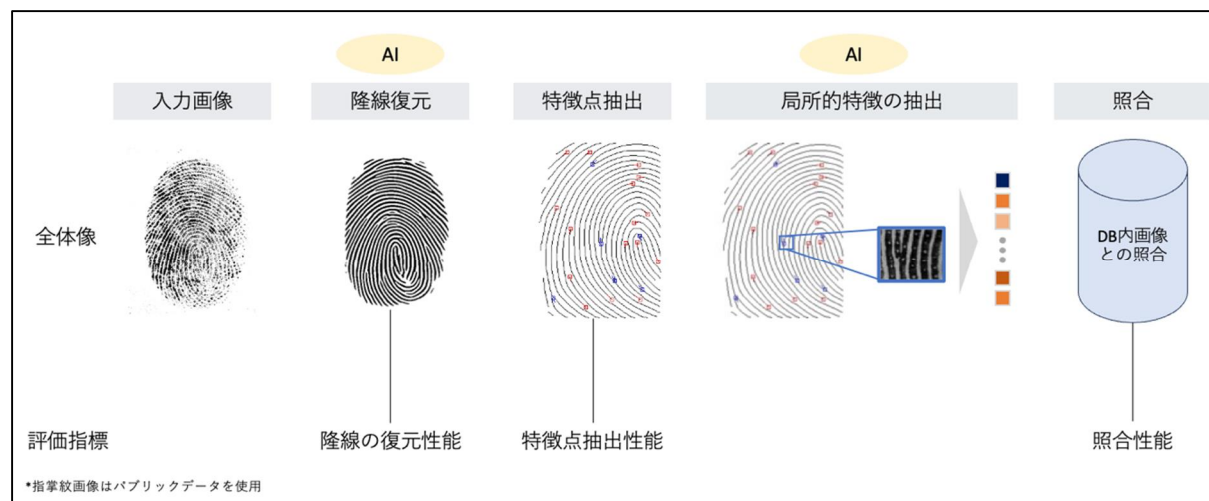


図 3-1：「実証実験モデルの概要と評価指標」

2. 評価指標

実証実験モデルの精度を評価するため、指掌紋識別業務への実用性を重視した指標を設計しました。これらは指掌紋識別業務に直結した指標として、今後の継続的なモデル評価にも活用可能です。

2.1 隆線の復元性能：Dice Score

現状は専門職員がシステム上に出力された指掌紋画像の不鮮明な箇所を手作業で修正しています。本指標はAIによって自動復元された隆線の品質を評価する指標です。

Dice Score は、AI による復元結果と専門職員による修正結果の比較により行います。下図「①隆線の修正」において、AI による隆線復元結果は黒線で、専門職員による修正箇所は赤線で表示されています。画像品質の低下等により判別が困難な箇所である除外領域を除いた上で、AI による復元結果と人による修正量の重なり度合いを数値化しています。この指標は 0 から 1 の範囲で表され、1 に近いほど AI による復元結果と専門職員の修正結果が一致していること、すなわち人による修正量が少ないことを示します。

3. 実証実験の方法

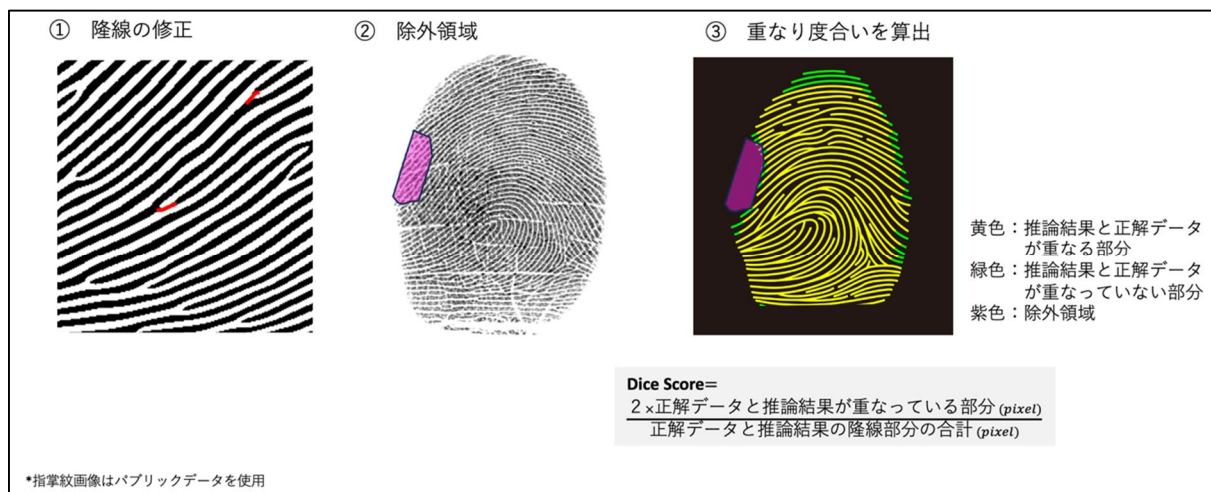


図 3-2：「隆線の復元に係る評価指標」

2.2 特徴点抽出性能：真陽性、偽陽性、偽陰性

抽出した特徴点の正しさを評価する指標です。本実証実験モデルにおいては特徴点を直接的に照合に用いるのではなく、特徴点周囲の局所的特徴を AI で抽出し、照合に用います。

特徴点検出の精度評価は、モデルが検出した特徴点に対し、専門職員による判定結果との比較により実施しています。評価結果は混同行列（コンフュージョンマトリクス）の形式で表示しており、以下の 3 つの観点で分類しています。

一つ目は真陽性で、表中の左上の黄色で示される箇所です。これはモデルが特徴点として推論し、かつ専門職員も特徴点であると判定した正解のケースを表します。

二つ目は偽陽性（過検出）で、モデルは特徴点として検出したものの、実際には特徴点ではないと専門職員が判定したケースです。

三つ目は偽陰性（見逃し）で、モデルが特徴点として検出しなかったものの、専門職員の判定では特徴点であったケースを示します。

本実証実験モデルにおいては特徴点を直接的に照合に用いるのではなく、特徴点周囲の局所的特徴を AI で抽出し、照合に用いるため、正しい特徴点の数（正解数）が重要な指標となります。実証実験では特に特徴点の正解数に着目し、照合に必要な点数が十分であることを確認しました。

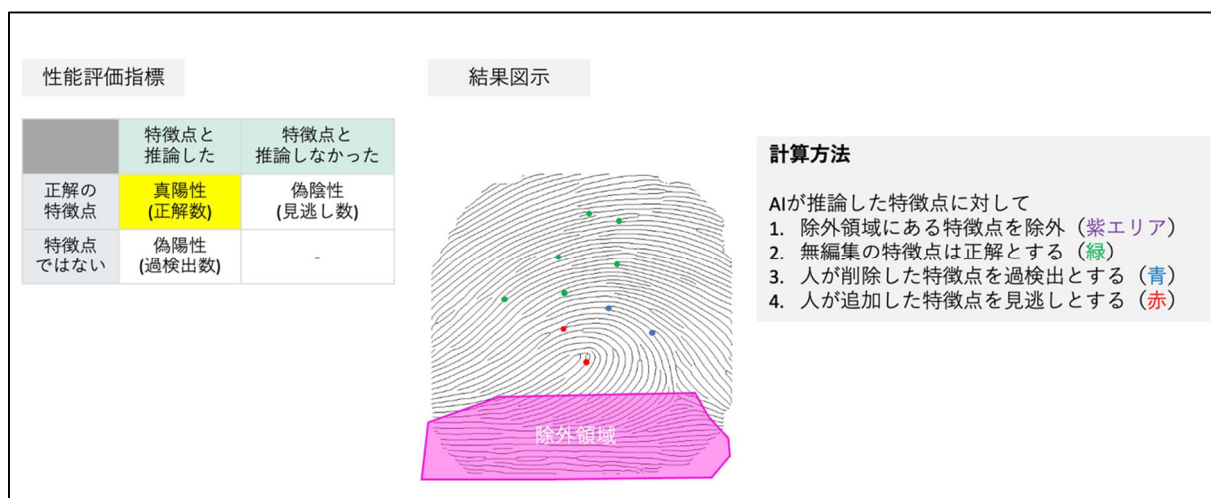


図 3-3 「特徴点の抽出に係る評価指標」

3. 実証実験の方法

2.3 照合性能：Rank n hit rate

照会対象の指掌紋画像をデータベースと照合した際に、正しい同一人物の指掌紋が上位 n 位以内に含まれる確率を示します。この指標は、警察実務における余罪照会や被疑者照会の実態に即して設計しました。例えば、Rank 1 は最も類似度の高い候補が正解である割合を、Rank 10 は上位 10 件以内に正解が含まれる割合を示します。



図 3-4 「照合に係る評価指標」

4. 実証実験の結果

報告書番号	4
項目	実証実験の結果

最新の生成 AI の活用により、指掌紋識別業務の高度化、効率化への可能性が示されるとともに、今後、解決に取り組むべき課題も明らかになりました。

1. 押なつ指掌紋

隆線の復元精度は Dice Score 0.97 を超えました。照合精度については、押なつ指紋は約 3 万件のデータベースに対し、170 件の入力テストを実施したところ、170 件全てで正しく照合され、Rank 1 hit rate で 100% となりました。同様に、押なつ掌紋においても 544 件の入力テストの結果、100% の照合精度となりました。

表 4-1 「押なつ指掌紋の結果」

分類		隆線の復元 (Dice Score)		特徴点 (正解数)	照合 (Rank n hit rate)			
		N数	平均値	平均値	N数	Rank 1	Rank 10	Rank 20
押なつ	指紋	100件	0.97	68	入力数：押なつ指紋170件 照合数：押なつ指紋29,741件	100% (170/170)	100% (170/170)	100% (170/170)
	掌紋	5件	0.99	529	入力数：押なつ掌紋544件 照合数：押なつ掌紋29,421件	100% (544/544)	100% (544/544)	100% (544/544)

2. 遺留指掌紋

隆線の復元精度は、指紋・掌紋ともに Dice Score が 0.93 を超え、押なつには及ばないものの、近い精度を示しました。照合精度については、遺留指紋は約 22 万件の遺留指紋データベースに対し、178 件の入力テストを実施したところ、Rank 1 で 67%、Rank 10/20 で 96% の精度を示し、遺留掌紋では約 8 万件のデータベースに対し、85 件の入力テストの結果、Rank 1 で 15%、Rank 10/20 で約 20% となりました。

表 4-2 「遺留指掌紋の結果」

分類		隆線の復元 (Dice Score)		特徴点 (正解数)	照合 (Rank n hit rate)			
		N数	平均値	平均値	N数	Rank 1	Rank 10	Rank 20
遺留	指紋	100件	0.96	18	入力数：押なつ指紋178件 照合数：遺留指紋219,601件	67% (119/178)	96% (170/178)	96% (170/178)
	掌紋	10件	0.93	36	入力数：押なつ掌紋85件 照合数：遺留掌紋82,095件	15% (13/85)	20% (17/85)	21% (18/85)

3. 結果の評価

3.1 隆線復元の精度

押なつ・遺留ともに Dice Score 0.9 以上であり、専門職員による定性評価においては、押なつ指紋について「中堅の専門職員が一から手書きしたレベル」、遺留指紋について「鮮明度によって復元内容に差があったため更なる学習が必要なレベル」との評価を受けました。掌紋については、押なつ・遺留ともに「一定の復元精度は確認できたものの、しわ部分における復元精度の更なる向上に期待を寄せる」との評価が示されました。

4. 実証実験の結果

3.2 特徴点抽出の精度・照合精度

押なつ指掌紋については指紋で平均 68、掌紋で平均 529 の特徴点が取得でき、照合精度においては 100%に達しました。遺留指掌紋については、そもそも押なつ指掌紋に比べて照合に使用できる特徴点数が少ないことから、押なつ指掌紋の結果と比較して劣る結果となりました。

また、専門職員による定性評価においては、特徴点の過検出及び見逃しに対する改善の必要性を指摘され、遺留指掌紋の照合結果に影響を与えたとの考えが示されました。

4. 結論

押なつ指掌紋については自動化が可能であることが示されました。

遺留指掌紋については課題が認識され、遺留指紋は更なる改善が必要であり、特に遺留掌紋は実証実験モデルによる自動化は難しいとの専門職員による定性評価となりました。

5. 課題

遺留指掌紋特有の課題として、以下が顕在化しました。

- ・課題 A：部分的な遺留画像と全体的な押なつ画像とではサイズが大きく異なる
- ・課題 B：照合に使用する特徴点数が少ないため、過検出や見逃しの影響を受けやすい

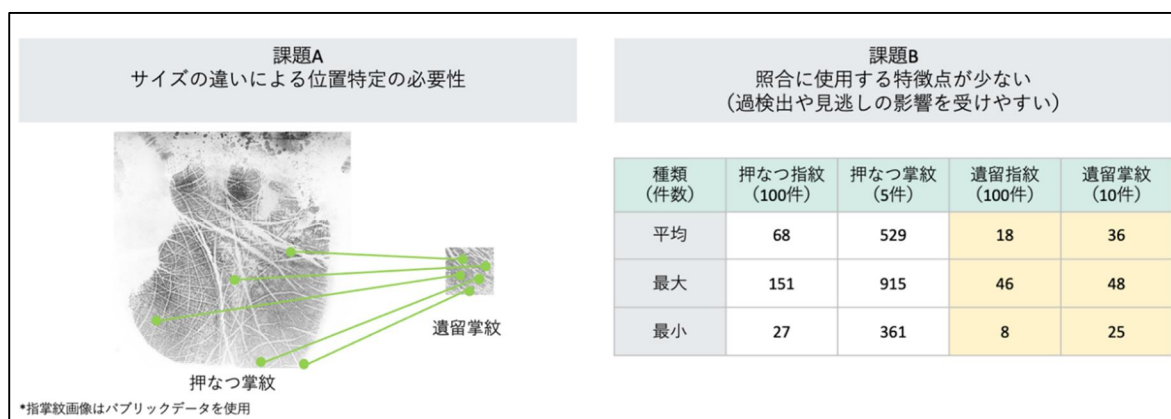


図 4-3 「遺留指掌紋特有の課題」

7. 結論

報告書番号	5
項目	課題に対する解決策

課題に対する解決策として、特徴点の相対位置確認と、特徴点のみに頼らない照合手法による改善が見込めることを確認しました。

また、現在の業務プロセスと同様に、専門職員が位置を特定することによる運用面での解決策も有効であると考えられます。

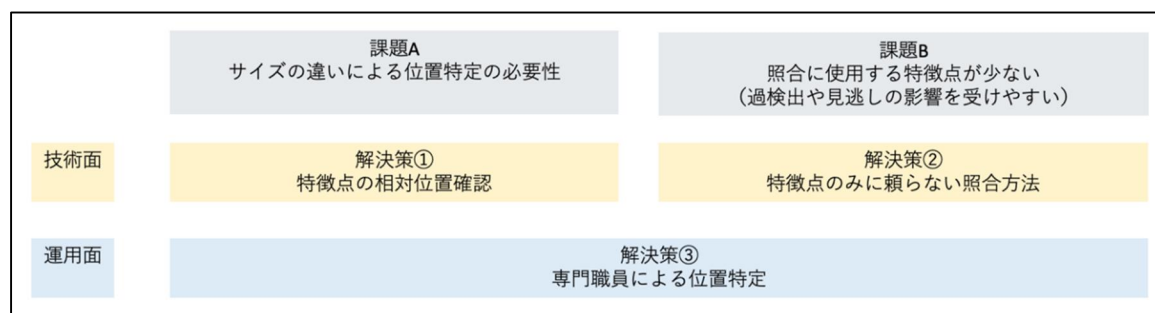


図 5-1 「課題に対する解決策」

解決策① 特徴点の相対位置確認

周辺の特徴点との相対的な位置関係を計算し、それらの幾何学的な整合性を評価します。個々の特徴点の類似性だけでなく、特徴点群としての空間的な整合性も考慮した照合が可能になります。

解決策② 特徴点のみに頼らない照合手法

特徴点を使用せず、規則的に分割した画像を用いて照合する手法です。特徴点による照合と組み合わせて使用します。

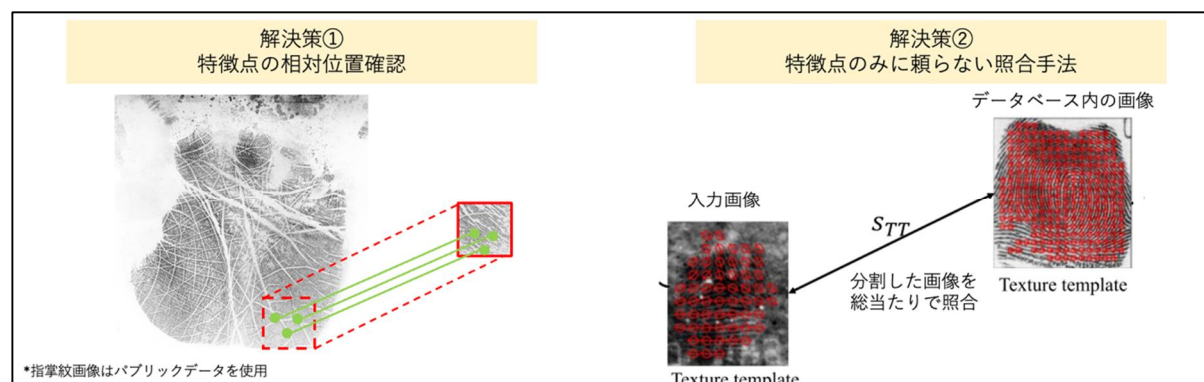


図 5-2 「特徴点の相対位置確認と特徴点のみに頼らない照合手法」

解決策③：専門職員による位置特定

専門職員は遺留掌紋の隆線の形状や方向などから、掌のどの位置の模様であるか推定することが可能です。既存の業務プロセスと同様に、遺留掌紋がどの位置に該当するかを専門職員が指定するプロセスを経ることで、精度向上が見込まれます。また、専門職員による位置の推定情報を学習データとすることで、AI による自動化も考えられます。

7. 結論

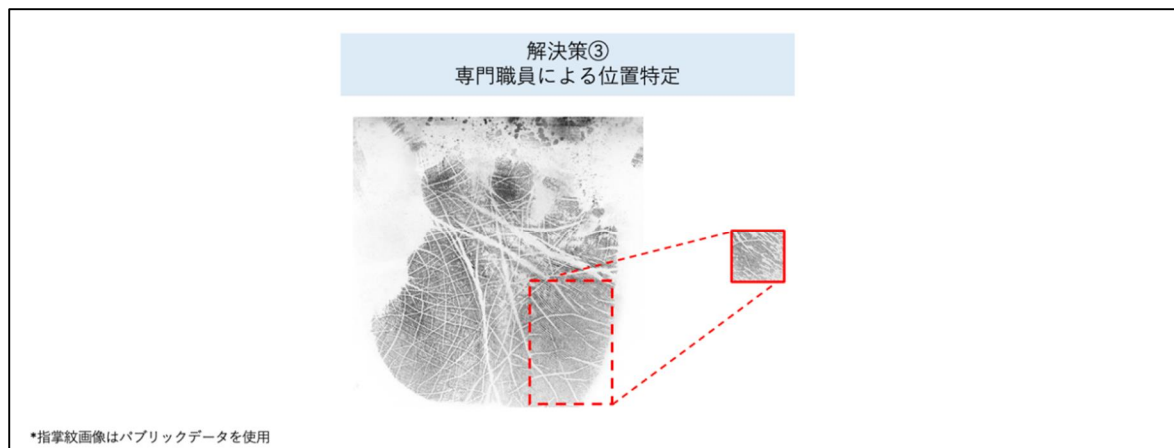


図 5-3 「専門職員による位置特定」

7. 結論

報告書番号	6
項目	業務効率化の可能性

業務効率化の可能性

現在の指掌紋識別業務では、全ての指掌紋画像に対して隆線の復元作業を実施しています。この業務フローを見直し、「自動照合を先行させ、必要な場合のみ隆線復元を行う」プロセスへと変更することによる、業務効率化の可能性が示唆されます。

押なつ指紋照会業務を例に挙げると、本実証実験モデルでは、押なつ指紋同士の照合における自動照合の精度は100%を達成しているため、照会データ作成に係る作業を省略することが可能です。具体的には、年間217,000件の業務について、1件あたり7分を要していた作業が不要となり、合計で25,317時間の削減が見込まれます。

同様の考え方で、その他の照会業務についても自動照合の精度に基づいて削減効果を試算した結果、年間約66,000時間の業務時間削減を推定しました。

表 6-1 「業務時間削減効果の試算」

目的	照会内容	A 年間件数	B 照合精度 (Rank 1)	C 自動照合 可能な件数 (A*B)	E 現行業務の 照会データ 作成時間	F 照会データ作成 削減時間 (C*E/60)
押なつ指紋照会	押なつ指紋→押なつ指紋	217,000	100%	217,000	7分	25,317時間
遺留指紋照会	遺留指紋→押なつ指紋	243,000	70%	170,100	11分	31,185時間
押なつ掌紋余罪照会	押なつ掌紋→遺留掌紋	169,000	12%	20,280	5分	1,690時間
遺留掌紋照会	遺留掌紋→押なつ掌紋	320,000	12%	38,400	13分	8,320時間
計		949,000		445,780		66,512時間

備考：
自動照合を導入した場合に削減される業務時間の推定を示す。照会件数や照会データ削減時間は犯罪鑑識官担当者が算出した数値を使用。
現行業務の照会データ作成時間は、指種などの情報登録や照合に係る時間は除外しており、隆線修正、作成に係る時間を指す。

7. 結論



報告書番号	7
項目	結論

1. 最新 AI 技術を活用した実証実験モデルによる検証の実施

最新の生成 AI 技術を活用し、検証を実施しました。

2. 指掌紋識別における業務の省力化、照合時間と照合及び特徴点抽出精度の向上を実現

押なつ指掌紋の識別においては自動化が可能である結果を示し、遺留指掌紋の識別においては課題が明らかになり、具体的な解決策が提示されました。

AI による自動識別と専門職員の知見を融合した新しい業務プロセスを導入した場合における業務時間削減の可能性が明らかになりました。

3. ベンダーロックインの徹底排除とランニングコストの削減

システムの設計思想、開発過程、評価結果を詳細に記録・公開することで、特定の企業に依存したベンダーロックインを排除できる可能性を示しました。これにより、複数のベンダーがシステム調達に参入可能となり、競争原理が働くことによるランニングコストの削減が期待できるものと考えます。