

《論 説》

警察情報通信の発注者エンジニアリング ～ターゲット発見システムの実現に向けて

澤 田 雅 之

(澤田雅之技術士事務所所長)
(元警察大学校警察情報
通信研究センター所長)

要 旨

ターゲット発見システムは、顔画像識別技術を活用して、監視カメラのライブ映像の中からテロリストや指名手配犯を即座に発見するシステムである。実現すれば、2020年の東京オリンピック・パラリンピックに向けて、テロ対策及び後方治安対策に大きく貢献できる。技術的な困難さから、これまで効果的な実現事例は皆無であったが、近年の技術革新の進展により、技術的な困難さは既に克服されている。

このため、費用対効果に優れたターゲット発見システムの実現に向けて、残された課題は、一般競争入札時に価格と技術の両面で競争原理を確実に働かせる方策であり、発注仕様書がその鍵を握っている。発注者エンジニアリングとは、発注者ならではの技術的な手腕を發揮して、理想的な発注仕様書を作成することである。適切な発注者エンジニアリングを行うことにより、費用対効果に優れたターゲット発見システムが世界で初めて実現するのである。

キーワード：顔画像識別技術 監視カメラ ターゲット発見システム

はじめに

2020年に開催予定の東京オリンピック・パラリンピックを成功させる上で、広範なソフトターゲットをテロの脅威から守り抜くことは重要な課題の一つである。この課題解決の一助として、我が国が世界のトップランナーである顔画像識別技術を活用し、監視カメラのライブ映像の中からテロリストや指名手配犯の顔を即座に見つけ出すターゲット発見システム¹⁾の実現が期待されるところである。

この実現を担う警察情報通信は、加速度的かつ激的な技術革新の渦中にある。この渦中において、費用対効果に優れたターゲット発見システムを実現するには、一般競争入札時に価格と技術の両面で競争原理を確実に働かせることが極めて重要である。これには、発注者側の警察がシステムに求める機能・性能要件と、受注者側の企業が有する最先端の設計・製造能力をベストマッチングできる発注仕様書が欠かせない。発注者エンジニアリングとは、発注者ならではの技術的な手腕を発揮して、理想的な発注仕様書を作成することである。そこで、費用対効果に優れたターゲット発見システムの実現に向けて、発注者エンジニアリングの意義や具体的な発揮の仕方を詳しく述べる。

1 ターゲット発見システムの概要

(1) ターゲット発見システムとは

ターゲット発見システムとは、顔画像識別技術を用いて、監視カメラのライブ映像の中からターゲット（テロリストや指名手配犯）の顔を即座に発見するシステムである。

具体的には、監視カメラのライブ映像の中から人物の顔を自動的に検出して検索用顔画像を生成し、顔画像識別技術を用いて、この検索用顔画像をあらかじめシステムに登録された多数のターゲットの顔画像と瞬時に照

合し、いずれかのターゲットの顔画像と検索用顔画像が合致した場合にはターゲット発見の警報を発するシステムである。効果的なシステムとするためには、次の2点の実現が欠かせない。

- ① 照合速度：発見したターゲットを取り逃さないようにするため、監視カメラがターゲット本人の顔画像を捉えてからシステムがターゲット発見の警報を発するまでの所要時間は、秒の単位であること。
- ② 照合精度：ターゲットではない人物をターゲットとして誤認しないよう、他人誤認率を極力低く抑えるとともに、ターゲット本人を見逃さないよう、本人発見率が高いこと。ここでいう他人誤認率とは、監視カメラが捉えた顔画像がターゲット本人ではない場合に、システムがターゲットとして誤認する割合である。また、本人発見率とは、監視カメラが捉えた顔画像がターゲット本人である場合に、システムがターゲットとして識別する割合である。

①を実現するには、検索用顔画像と多数のターゲットの顔画像との照合を超高速で行うことができる顔画像識別技術が必要となる。

また、②を実現するには、他人誤認率と本人発見率がトレードオフの関係にあることを踏まえなければならない。システムでは、ターゲットであるか否かの判定は、検索用顔画像とターゲットの顔画像との類似度を示す数値がしきい値（同一性を判定する基準値）を越えたか否かで行う。このため、しきい値を高く設定すれば他人誤認率は低下して改善されるが、本人発見率は低下して劣化する。しきい値を低く設定すれば他人誤認率は上昇して劣化するが、本人発見率は上昇して改善される。このように、他人誤認率と本人発見率は、トレードオフの関係にあるのである。

(2) これまでのターゲット発見システム

ターゲット発見システムは、2001年に、米国フロリダ州のタンパ警察が指名手配犯の発見を目的として世界で初めて導入したが、全く発見できなかったため2年後に撤去している。その後、ロンドンなどでも、街頭監視カメラシステムに指名手配犯を発見する機能を付加する形で導入されたが、これまで発見事例は報告されていない。このように、効果的なターゲット

発見システムの成功事例は、我が国を含めてこれまでのところ皆無である。

失敗の原因は、1の(1)項に記載した②を達成できなかったためである。これまでのターゲット発見システムに用いられた顔画像識別技術及び監視カメラ技術は、今日の技術と比べていずれも性能面が見劣りするものであった。このため、他人誤認率が実用水準となるようにしきい値を高く設定した結果、トレードオフの関係にある本人発見率がほぼゼロとなり、ターゲットを全く発見できなかったのである。

しかし、近年では、顔画像識別技術及び監視カメラ技術の性能がいずれも飛躍的に向上している。特に、今日の我が国は、顔画像識別技術及び監視カメラ技術の両分野で世界のトップランナーである。このため、我が国は、効果的なターゲット発見システムを世界で初めて実現できる環境が最も整っている。そこで、次の2項では、最先端の顔画像識別技術の識別性能及び識別特性を俯瞰し、続く3項では、最先端の監視カメラ技術の機能及び性能を俯瞰する。

2 今日の顔画像識別技術

(1) 人の目を遥かに凌駕する識別性能

本項で例示する顔画像識別技術は、4の(3)項に記載する米国立標準技術研究所の「顔認識技術に係るベンダーテスト」において、好成績を収めた我が国のA社及びB社の技術である。

最初に、A社の技術による照合精度と照合速度を例示する。

17年の隔たりをおいて撮影した同じ人物の顔写真を2枚準備する。いずれも適切な室内照明の下で、無表情な顔が緻密かつ鮮明に真正面から撮影されている。しかし、同じ人物ではあるが、17年にわたる経年変化、剃った眉毛及び女性的な髪型が影響して、2枚の顔写真は人の目に全く別人の印象を与えるものである。ここで、約30万人分の顔画像データベースを準備する。どの顔画像も無表情であり、適切な室内照明の下で緻密かつ鮮明に真正面から撮影されている。そこで、撮影時期の古い顔写真を検索の手

掛かりとして、撮影時期の新しい顔写真を入れた顔画像データベースを検索することにより、顔画像識別技術の照合精度と照合速度を調べるのである。結果は驚くべきものであり、同じ人物でありながら人の目には全く別人に見える顔写真が、類似度順位の第1位に瞬時に検索されている。

次に、B社の技術による照合精度と照合速度を例示する。

整形手術を施す前後の同じ人物の顔写真を2枚準備する。いずれも適切な室内照明の下で、無表情な顔が緻密かつ鮮明に真正面から撮影されている。しかし、同じ人物ではあるが、鼻翼、下唇及び眉間の整形手術が影響して、2枚の顔写真は人の目に全く別人の印象を与えるものである。ここで、約30万人分の顔画像データベースを準備する。どの顔画像も無表情であり、適切な室内照明の下で緻密かつ鮮明に真正面から撮影されている。そこで、整形手術後の顔写真を検索の手掛かりとして、整形手術前の顔写真を入れた顔画像データベースを検索することにより、顔画像識別技術の照合精度と照合速度を調べるのである。この結果も驚くべきものであり、同じ人物でありながら人の目には全く別人に見える顔写真が、類似度順位の第1位に瞬時に検索されている。

上記の2つの結果から、今日の我が国の顔画像識別技術の照合速度は超高速であると言える。また、その照合精度は、無表情な顔画像を緻密かつ鮮明に正面から捉えることができれば、整形手術、経年変化、変装等により人の目には別人に映ったとしても、同じ人物であることを看破できる水準にあると言える。

では、無表情な顔画像を緻密かつ鮮明に正面から捉えることができなかつた場合には、照合精度及び照合速度にどのような影響が及ぶのであろうか。この影響を調べるため、前記のA社の技術による照合精度と照合速度の調査に用いた2枚の顔写真の内、顔画像データベースを検索する手掛かりとした1枚を変更する。すなわち、撮影時期が古く無表情な顔が緻密かつ鮮明に真正面から撮影された顔写真に代えて、同じ人物をほぼ同じ時期に屋外でやや遠方から全身を撮影した写真を準備して、顔の部分を持ち出して拡大した顔写真を作成することにより、これを検索の手掛かりとし

て用いるのである。代替後の顔写真は、撮影角度が真正面ではない上に何かを語りかけるような柔和な表情の影響が重なり、代替前の顔写真と見比べても人の目にはとても同じ人物には見えない。また、代替前の顔写真と比べて、画質の点でも緻密さと鮮明さがかなり劣っている。そこで、代替後の顔写真を用いて照合精度と照合速度を調べた結果であるが、約30万人分の顔画像データベースの中から、同じ人物でありながら誰の目にも別人としか思えない顔写真が、類似度順位の第100位前後に瞬時に検索される。このように、今日の我が国の顔画像識別技術の照合精度は、照合に用いる顔画像の緻密さ、鮮明さ、撮影角度等の品質に大きく影響されるのである²⁾。

(2) 今日の顔画像識別技術の識別特性

今日の顔画像識別技術は、2の(1)項に記載のとおり、緻密かつ鮮明に真正面から捉えた無表情顔に対して最高の照合精度を発揮する。そこで、顔画像の緻密度、鮮明度、撮影角度、表情の有無等が照合精度に及ぼす影響について、顔画像識別技術の識別特性として次に示す^{3) 4)}。

① 顔画像の緻密度

目間画素数（顔画像上の両目の中心を結ぶ線上に並ぶ画素の総数であり、顔画像の緻密さの目安となる。）が50画素程度あれば、十分な照合精度を発揮するが、目間画素数が減少するにつれて照合精度は劣化する。

また、目間画素数として数百画素を確保しても、照合精度の向上には特に寄与しない。

② 顔画像の鮮明度

ブレ、ボケ、ノイズ、低コントラストが照合精度を劣化させる。

③ 顔の撮影角度

顔の真正面からの撮影角度が大きくなるほど、照合精度を劣化させるほかの要因への余裕度が減少する。また、顔の真正面からの撮影角度が、上下方向では約20度を、左右方向では約30度を超えると照合精度の劣化が著しくなる。

④ 顔の経年変化・表情の有無・眼鏡等の有無

顔を撮影するカメラ側の工夫では対処不可能な要因であるが、顔画像識別技術において顔の特徴を抽出するフィルタ等の工夫により対処している。このため、今日の最先端の顔画像識別技術では、照合精度を劣化させる主要因ではなくなっている。

3 今日の監視カメラ技術

1の(2)項に記載したこれまでのターゲット発見システムが失敗した原因の一つは、監視カメラにアナログビデオカメラを用いざるを得なかったことである。アナログカメラでは、映像伝送時や映像処理時に必然的に発生するノイズによる信号電力対雑音電力比の低下に伴い、映像の品質が確実に劣化する。このため、アナログカメラでは、顔画像を緻密かつ鮮明に撮影することが難しいのである。

この問題は、最先端のデジタルビデオカメラを用いることにより解決できる。デジタルカメラでは、カメラ内部のデジタル処理で実現している以下の機能の活用により、緻密かつ鮮明な映像を撮影できる。

① 誤り訂正機能

信号電力対雑音電力比が低下してデジタル信号の0と1の判別誤りが生じても、デジタル処理で誤りを訂正することにより、撮影時の映像品質を保つことができる。

② 三次元ノイズリダクション機能

低照度環境下では、一連の映像を構成するフレーム画像内にノイズが発生するが、当該フレーム内の画像情報の活用に加えて前後のフレーム内の画像情報も活用したデジタル処理により、このノイズを大幅に減少させることができる。

③ ワイドダイナミックレンジ機能

逆光環境下では、撮影したい顔が暗く低コントラストとなりがちであるが、顔への適正露出と顔の周囲への適正露出による撮影を自動的に行ってデジタル処理することにより、顔及びその周囲のいずれにも適正露

出となる映像を撮影できる。

デジタルカメラは性能面の進化も著しく、非常に高精細な4K映像を撮影できるデジタル監視カメラが既に市販されている。これを用いれば、小さくしか写せない顔画像であっても緻密に撮影できる。また、満月の明かり程度の低照度環境下の映像を高速シャッター撮影できる、高感度なデジタル監視カメラも既に市販されている。通常の監視カメラは、低照度環境下ではシャッター速度が1/30秒まで低下するため、顔が動いた場合にはブレて不鮮明な顔画像となりがちである。このような場合でも、高感度なデジタルカメラを用いれば顔を鮮明に撮影できる。

このように、今日では機能及び性能に優れた多種多様なデジタル監視カメラが実用化されている。このため、ターゲット発見システムの構築時に監視カメラを設置する環境に合わせて、顔画像を緻密かつ鮮明に撮影する上で最適なデジタル監視カメラを選び出すことができるのである。

4 費用対効果に優れたターゲット発見システムの実現

(1) システムに求める性能要件の数値化

1の(1)項に記載のとおり、ターゲット発見システムを成功させる要諦は、次の2つの性能要件を共に達成することである。

- ① 照合速度：発見したターゲットを取り逃さないようにするため、監視カメラがターゲット本人の顔画像を捉えてからシステムがターゲット発見の警報を発するまでの所要時間は、秒の単位であること。
- ② 照合精度：ターゲットではない人物をターゲットとして誤認しないよう、他人誤認率を極力低く抑えるとともに、ターゲット本人を見逃さないよう、本人発見率が高いこと。

ここで、費用対効果に優れたターゲット発見システムを実現するには、発注先とするベンダーの選定に当たって、価格と技術の両面での競争原理を確実に働かせる必要がある。これには、発注元の警察がシステムに求める機能要件及び性能要件と、受注を希望するベンダーが有するシステム設

計能力及び製造能力をベストマッチングできる発注仕様書の作成が欠かせない。このような発注仕様書では、上記の②の如く抽象的な表現で性能要件を示すのではなく、具体的な数値目標として性能要件を示すことにより、ベンダーに対してその数値目標の達成を求める必要がある。

性能要件の数値目標の決定に当たっては、目標達成の可能性を十分に検討して反映しなければならない。例えば、上記の②について、「ターゲットではない人物をターゲットとして誤認しないよう、他人誤認率を0%とするとともに、ターゲット本人を見逃さないよう、本人発見率を100%とすること。」を数値目標とした場合には、他人誤認率と本人発見率はトレードオフの関係にあることから数値目標達成の可能性が皆無となる。このため、どのような数値目標であれば達成可能か、また、その数値目標を達成すれば果たして現場の課題を解決できるのか、この2点について技術的に見極める必要がある。

そこで、上記の②について、「ターゲットではない人物をターゲットとして誤認しないよう、他人誤認率を0.01%以下とするとともに、ターゲット本人を見逃さないよう、本人発見率を90%以上とすること。」を、現場における課題を解決できる数値目標として掲げ、その実現可能性と実現方策について次項以下に記載する。

(2) システムの照合精度は顔画像の品質次第

2の(1)項及び(2)項に記載のとおり、ターゲット発見システムの照合精度は、照合に用いるターゲットの顔画像及び監視カメラで捉える顔画像の品質に大きく影響される。このため、ターゲット発見システムにおいて、0.01%以下の他人誤認率と90%以上の本人発見率を両立させる上で必要な条件は、次の2つとなる。

- ① ターゲットの顔画像は、運転免許証写真、パスポート写真、被疑者写真等の緻密かつ鮮明な正面無表情顔であること。
- ② 監視カメラで捉える顔画像は、ほぼ正面から撮影した緻密かつ鮮明な顔画像であること。

警察のホームページで公開されている指名手配写真を調べたところ、運

転免許証写真、パスポート写真又は被疑者写真を元にした指名手配写真が全体の約9割を占めており、その他の指名手配写真についてもその大半が、ほぼ正面から撮影された緻密かつ鮮明な顔写真である。このため、上記の①の必要条件は既に満たされている。

次に、情報提供を求めするために警察のホームページで公開されている身元不明の容疑者の顔画像を調べたところ、金融機関、コンビニエンスストア、スーパーマーケット等の防犯カメラに遺留された顔画像が大半であり、ほぼ正面から撮影された緻密かつ鮮明な顔画像は殆ど見当たらない。このため、既存の防犯カメラの活用により上記の②の必要条件を満たすことは、極めて難しいと言える。

したがって、ターゲット発見システムには専用の監視カメラを用いることとなるが、問題は、監視カメラでどのように顔画像を捉えれば、0.01%以下の他人誤認率と90%以上の本人発見率を両立させることができるかである。この点については、以下の(3)項及び(4)項に示す2つの実験の結果から、重要な手掛かりを得ることができる。

(3) 米国立標準技術研究所の「顔認識技術に係るベンダーテスト」

ア ベンダーテストの概要

米国立標準技術研究所では、顔認識技術に係るベンダーテストを2000年、2002年、2006年、2010年、2013年に実施している。直近の2013年のテストには我が国の3社を含めた16社が参加し、その結果は「NIST Interagency Report 8009」として2014年5月に公開された⁵⁾。

この2013年のテストでは、以下の2種類の顔画像を用いて、顔画像データベースの照合精度、照合速度等を多角的に評価している。

① Mugshot 画像

米国の警察の実際の現場でデジタルスチルカメラにより撮影した高品質な顔画像であり、我が国の被疑者写真に相当する。顔画像の緻密さの指標となる目間画素数（顔画像上の両目の中心を結ぶ線上に並ぶ画素の総数）は、平均で107画素であるため緻密である。適切な照明の下で、顔を正面から鮮明に捉えた画像が大半であり、左右を向いて

いる顔画像であっても、その撮影角度は顔の真正面から見て5度から10度ほどに過ぎない。

② Web カメラ画像

米国の国境警備隊が勾留した中南米からの不法入国者を、国境警備隊執務室卓上の Web カメラにより撮影した顔画像である。職員の指示に基づき、Web カメラに顔を向けた瞬間を捉えている。日間画素数は平均で45画素であり、Mugshot 画像に比べて緻密さに欠けている。室内照明の下で撮影されているため、顔に影ができて低コントラストである顔画像が大半であり、Mugshot 画像に比べて鮮明さにも欠けている。顔を真正面から捉えた画像は少なく、5度から10度ほど左右を向いている顔画像や、下からやや見上げるように撮影した顔画像が大半である。

2013年のベンダーテストでは、数百万人分の Mugshot 画像と数十万人分の Web カメラ画像が用いられた。この中には、Mugshot 画像を複数回撮影された累犯者が多数含まれており、また、Mugshot と Web カメラの双方で顔画像を撮影された者も多数含まれている。このため、Mugshot 画像と Web カメラ画像との品質（緻密さ、鮮明さ、顔の撮影角度）の違いが顔画像データベースの照合精度に及ぼす影響について、次のイ項に記載する評価が可能となるのである。

イ 検索用顔画像の品質が照合精度に及ぼす影響

高品質な Mugshot 画像から成る顔画像データベースを、Mugshot 画像で検索した場合と品質が劣る Web カメラ画像で検索した場合の照合精度を比較することにより、検索用顔画像の品質が照合精度に及ぼす影響が判る。

具体的には、累犯者1万人について、2番目に新しい Mugshot 画像1万枚を顔画像データベースに登録した上で、この1万人の最新の Mugshot 画像1万枚を検索に用いて顔画像データベースを1万回検索し、その照合精度を調べる。次に、Mugshot と Web カメラの双方で撮影された1万人について、Mugshot 画像1万枚を顔画像データベース

表 1 Mugshot 画像及び Web カメラ画像による照合精度の違い

1	高品質な Mugshot 画像で検索した場合の照合精度
(1)	他人誤認率が無制限の場合の本人発見率 A 社 : 97% B 社 : 95%
(2)	他人誤認率が0.01% の場合の本人発見率 A 社 : 90% 強 B 社 : 80% 程
2	品質が劣る Web カメラ画像で検索した場合の照合精度
(1)	他人誤認率が無制限の場合の本人発見率 A 社 : 89% B 社 : 76%
(2)	他人誤認率が0.01% の場合の本人発見率 A 社 : 70% 程 B 社 : 10% 程
注 : 他人誤認率が無制限の場合の本人発見率とは、類似度順位の一位検索率に等しい。このため、顔画像データベースの中に本人が存在しない場合には、最も類似する他人を常に誤認することとなる。	

に登録した上で、この1万人の Web カメラ画像1万枚を検索に用いて顔画像データベースを1万回検索し、その照合精度を調べるのである。

表1は、Mugshot 画像及び Web カメラ画像で検索した場合の照合精度について、2013年のベンダーテストに参加した我が国の A 社及び B 社の顔画像識別技術による結果である。

表1から、ターゲット発見システムにおいて0.01%以下の他人誤認率と90%以上の本人発見率を両立させるには、監視カメラで捉える検索性用顔画像として、Web カメラ画像に相当する品質（緻密さ、鮮明さ、顔の撮影角度）では不十分であることが判る。そこで、品質の改善方策についてであるが、緻密さ及び鮮明さについては、監視カメラに高精細デジタルビデオカメラを用いて映像の緻密さを確保するとともに、ワイドダイナミックレンジ機能及び三次元ノイズリダクション機能を活かして映像の鮮明さを確保することが効果的である。次に、顔の撮影角度であるが、Web カメラ画像は国境警備隊職員の指示に基づき、Web カメラに顔を向けた瞬間を捉えたものである。しかし、ターゲット発見システムでは、監視カメラに顔を向けるように誘導することが容易ではない。このため、瞬きしていない顔をほぼ正面から捉えるには、同じ人物を撮影した一連のライブ映像の中からサンプリングの手法を用いて複数枚の

顔画像を取り出し、これらの顔画像をターゲットの顔画像との照合に順次供することが効果的である。

また、表1から、検索用顔画像の品質（緻密さ、鮮明さ、顔の撮影角度）が劣化した場合には、照合精度が低下する度合いはA社よりもB社の方が著しいことが判る。すなわち、顔画像識別技術の識別特性は、監視カメラで捉える検索用顔画像の品質に関して、ベンダーごとに大きく異なっているのである。この点については、費用対効果に優れたターゲット発見システムを実現する上で、特に注意が必要である。

(4) 法務省の「日本人出帰国審査における顔認証技術に係る実証実験」

ア 実証実験の概要

法務省では、我が国のICパスポートに記録されている顔画像を利用した邦人の出帰国審査の自動化を目指し、平成24年及び平成26年に成田空港及び羽田空港で実証実験を実施している。平成26年の実証実験は、公募に応じた我が国の大手ベンダー5社が参加して平成26年の8月から9月にかけて実施され、その結果が、「日本人出帰国審査における顔認証技術に係る実証実験結果（報告）（法務省、平成26年11月18日）」として公開された⁶⁾。

この平成26年の実証実験では、次の2種類の撮影方法で捉えた顔画像とICパスポートに記録されている顔画像との認証精度及び認証速度を評価している。

① 静止中撮影

旅券読取台でICパスポートを讀取操作している実験協力者の顔を、旅券読取台に設置したビデオカメラ（各ベンダーが準備）でほぼ正面から撮影して、ICパスポート内の顔画像と照合する。

② 歩行中撮影

顔照合エリアである通路を歩行中の実験協力者の顔を、通路前方に設置したビデオカメラ（各ベンダーが準備）で撮影して、ICパスポート内の顔画像と照合する。実験協力者には、通路前方のビデオカメラを注視して歩行するように実験補助者から依頼することにより、ピ

表 2 静止中撮影及び歩行中撮影による照合精度の違い

1 静止中撮影における照合精度	
(1) 他人誤認率が0.001%の場合の本人見逃し率（本人発見率の補数）	
X社：0.26%	Y社：0.54%
(2) 他人誤認率が0.01%の場合の本人見逃し率	
X社：0.17%	Y社：0.27%
(3) 他人誤認率が0.1%の場合の本人見逃し率	
X社：0.16%	Y社：0.03%
2 歩行中撮影における照合精度	
(1) 他人誤認率が0.001%の場合の本人見逃し率（本人発見率の補数）	
X社：1.24%	Y社：0.91%
(2) 他人誤認率が0.01%の場合の本人見逃し率	
X社：0.55%	Y社：0.32%
(3) 他人誤認率が0.1%の場合の本人見逃し率	
X社：0.33%	Y社：0.11%

デオカメラにほぼ正対した顔を撮影する。

イ 撮影方法が照合精度に及ぼす影響

平成26年の実証実験は、参加したベンダー5社のいずれも約5,000名の実験協力者を得て行われた。このため、実験結果における認証精度は、約5,000名の顔画像データベースの照合精度に等しい。静止中撮影における照合精度が最も高かったのはX社であり、歩行中撮影における照合精度が最も高かったのはY社である。他人誤認率がそれぞれ0.001%、0.01%、0.1%となるようにしきい値を設定した場合における、X社及びY社の本人見逃し率（本人発見率の補数）は、表2のとおりである。

表2から、X社の歩行中撮影における照合精度は、同社の静止中撮影における照合精度と比べて、どの他人誤認率においても数倍悪化していることが判る。一方、Y社の歩行中撮影における照合精度は、同社の静止中撮影における照合精度と比べて、どの他人誤認率においても数割の悪化にとどまり、静止中撮影における照合精度に優れるX社を凌駕していることが判る。すなわち、歩行中の実験協力者の顔を高品質に捉えるために必要な、ビデオカメラの機能・性能の選定、カメラの設置方法、照明方法を総合した撮影システムの構築にY社は成功したと言え

る。このことから、システム全体としての照合精度の向上には、顔画像識別技術の性能向上もさることながら、顔画像の品質向上に直結する撮影システムの性能向上の方が遥かに効果的であることが判る。そこで、ターゲット発見システムにおいて0.01%以下の他人誤認率と90%以上の本人発見率を両立させるには、歩行中撮影時の顔画像品質を静止中撮影時の顔画像品質に極力近づけるように、監視カメラの撮影システムを構築することが重要である。また、実証実験における歩行中撮影時の実験協力者には、通路前方のビデオカメラを注視して歩行するように実験補助者から依頼することにより、ビデオカメラにほぼ正対した顔を撮影している。しかし、ターゲット発見システムでは、監視カメラに顔を向けるように誘導することが容易ではない。このため、瞬きしていない顔をほぼ正面から捉えるには、同じ人物を撮影した一連のライブ映像の中からサンプリングの手法を用いて複数枚の顔画像を取り出し、これらの顔画像をターゲットの顔画像との照合に順次供することが効果的である。

5 発注者エンジニアリングの意義と発揮の仕方

(1) 発注者エンジニアリングとは

発注者エンジニアリングとは、発注者ならでの目利き力を発揮して、発注者側の課題の解決に当たることである。具体的には、最新技術で解決できる現場の課題を見極める力と、課題解決により期待される効果を的確に予見する力を発揮して、費用対効果に優れた特注品や特注システムを実現することである。これには、一般競争入札時に、価格と技術の両面において競争原理を確実に働かせることが極めて重要であり、その鍵を握るのは発注仕様書である。

すなわち、発注者エンジニアリングとは、煎じ詰めれば、理想的な発注仕様書を作成することである。理想的な発注仕様書であれば、価格と技術の両面において競争原理が確実に働くことから、談合を許してしまう素地を払拭することもできる。

そこで、費用対効果に優れたターゲット発見システムの実現に向けて、理想的な発注仕様書を作成するための発注者エンジニアリングの発揮の仕方を以下に述べる。

(2) 部分最適化ではなく全体最適化を追求

我が国ではこれまで、優れたシステムを実現する方法論として、システムを構成する各部分ごとに最適化を図れば、最適化された各部分を纏め上げた全体が最適化されるとする考え方が主流であった。技術革新が緩やかに進む中で、既に確立した技術を用いてシステムを構成する場合には、部分最適化の積み上げで全体最適化が実現できることに異論は無い。既に確立した技術は規格化・標準化されているため、システムを構成する各部分ごとの最適化が容易であり、また、各部分を他の部分と整合させて全体を最適化することも難しくはないからである。

しかし、技術革新が急激に進む中で、最先端技術を用いてシステムを構成する場合には、部分最適化の積み上げでは全体最適化を実現できない。最先端技術は規格化・標準化に至っていない場合が多いため、システムを構成する各部分ごとに最適化ができたとしても、各部分を他の部分と整合させることが難しいからである。

このため、技術革新が急激に進む中で最先端技術を用いる場合には、部分最適化を図るのではなく、システムの目的を見据えた全体最適化を図ることが大事である。4項に記載した2つの実験の結果から、その具体例を次に示す。

4の(3)のイ項に記載のとおり、顔画像識別技術の識別特性は、監視カメラで捉える検索用顔画像の品質（緻密さ、鮮明さ、顔の撮影角度）に関して、ベンダーごとに大きく異なっている。これは、顔画像を識別するアルゴリズム（動作原理）がベンダーごとに異なるためである。従って、顔画像識別技術の優れた識別性能を十分に発揮させるには、その識別特性（ベンダーごとに異なる）に検索用顔画像の品質が適合するように、監視カメラの撮影システムを注意深く設計する必要がある。

また、4の(4)のイ項に記載のとおり、ターゲット発見システム全体とし

での照合精度の向上には、顔画像識別技術の識別性能向上が寄与する効果もさることながら、顔画像識別技術の識別特性に適合するように、監視カメラの撮影システムを注意深く設計することが寄与する効果の方が遥かに大きいのである。

このことから、費用対効果に優れたターゲット発見システムの実現に向けて、価格と技術の両面で競争原理が確実に働く発注仕様書を作成するには、監視カメラの撮影システムの設計を発注者側で行ってはならないのである。何故ならば、監視カメラの撮影システムを設計するには、どのベンダーの顔画像識別技術を用いるかがあらかじめ決定され、その識別特性を踏まえる必要があるからであり、これでは競争原理を働かせる余地が全く無くなってしまふからである。そこで、競争原理が確実に働く発注仕様書とするには、顔画像識別技術と監視カメラの撮影システムについて、それぞれ個別に捉える（部分最適化を指向する）のではなく包括して捉える（全体最適化を指向する）ことが欠かせない。すなわち、ターゲット発見システムの全体に求める機能要件及び性能要件を発注仕様書に規定することが欠かせないのである。このような発注仕様書であれば、どのベンダーであっても、システムの全体に求められた機能要件及び性能要件の達成に向けて、自社の顔画像識別技術の識別特性に適合するように監視カメラの撮影システムを注意深く設計できるのである。

(3) 詳細設計ではなく性能要件を追求

技術革新が緩やかに進む分野では、これまでの発注経験を活かして発注者側でシステムの詳細設計を行い、発注仕様書として纏めることは難しくはない。

しかし、技術革新が急激に進む分野では、発注者側で詳細設計を行おうとすれば最先端技術の動向を詳細に調査することから始めなければならず、これは決して容易なことではない。特に、最先端技術の核心部分について、開発したメーカーが技術的優位性を確保するために特許申請を行わず秘匿した場合には、発注者側で詳細設計を行うことはまず不可能である。

そこで、このような場合の発注仕様書では、発注者側は詳細設計を行う

代わりに、受注者側に対して実現を求めたい機能要件と性能要件を判り易く規定することが大事である。これに加えて、次の2点が理想的な発注仕様書を作成するキーポイントとなる。

- ① 受注者側が詳細設計を行う上で欠かせない性能要件を漏れなくリストアップすること。性能要件に掲げる具体的な数値目標については、性能要件間にトレードオフの関係が生じる場合においても、達成が不可能ではない数値とすること。
- ② 受注者側に委ねる詳細設計には踏み込まないこと。踏み込んだ場合には、受注者側の設計上の自由度を狭めるとともに、性能要件に掲げた数値目標の達成責任の所在が不明確となる恐れが生じる。

急激な技術革新の成果を十分に反映したターゲット発見システムを実現するには、システムの詳細設計のみならず、システムを構成する機器の製造及び設置も併せて一本化した発注とし、その請負先を広く外部に募ることが極めて効果的である。仮に、システムの実現に向けた発注を一本化せずに、詳細設計・機器の製造・機器の設置の3段階に発注を分割した場合には、それぞれの請負先を募る都度に競争原理を働かせることができるように見えなくもない。しかし、このような分割発注では、完成後のシステムで性能要件が達成できなかった場合の責任の所在について、どの段階の受注者にあるのかが不明確となるリスクを避けて通ることができない。ここでも、5の(2)項に記載のとおり、技術革新が急激に進む中で最先端技術を用いて優れたシステムを実現するには、発注を3段階に分けてそれぞれの部分最適化を図るのではなく、発注の一本化による全体最適化を図ることが欠かせないのである。

6 ターゲット発見システムの発注者エンジニアリング

(1) 発注仕様書の作成に先立ち概要設計書を作成

費用対効果に優れたターゲット発見システムを実現するには、価格と技術の両面で競争原理が確実に働く発注仕様書の作成が欠かせない。しかし、

いきなり発注仕様書を作成したのでは、実現を目指すシステムの意義・目的や、システムの実現により期待される効果について、発注者側の組織内で認識が統一されず齟齬を来す恐れがある。そこで、発注仕様書の作成に先立ち、概要設計書を作成することにより組織内の意志統一を図る必要がある。概要設計書には、①現状の問題点、②システムの概要、③期待される効果、の3点について判り易く簡潔な文章で記載する。実現を目指すシステムの意義・目的や、システムの実現により期待される効果について、一読すれば理解が得られるように作成することが肝要である。

このような概要設計書で組織内の意志統一を図った場合には、概要設計書と矛盾が生じないように発注仕様書を作成しなければならない。これには、概要設計書の「②システムの概要」に記載した内容に基づいて、発注仕様書を作成することが合理的かつ効率的である。

具体的なモデルとして、以下の(2)項及び(3)項に、これまでの記載内容を踏まえて作成したターゲット発見システムの概要設計書例（発注者側の意志統一に使用するもの）及び発注仕様書例（価格と技術の両面での一般競争入札に使用するもの）を示す。

(2) ターゲット発見システムの概要設計書例

ア 現状の問題点

人の目で顔を識別してターゲット（テロリストや指名手配犯）を発見する捜査手法として、手配用顔写真を記憶する見当たり捜査が用いられている。

しかし、長年にわたって工夫と経験を積んだ熟練の捜査員であっても、出会った瞬間に見分けられるほどに記憶できるのは、多くても数百人分の顔に過ぎない。また、長年にわたる経年変化や整形手術などにより顔が変貌した場合には別人の印象となるため、見当たり捜査による発見は困難となる。さらに、白人や黒人の顔は、日本人の顔ほどには見分けが付け難いため、眼鏡や髭などによる簡易な変装であっても、見当たり捜査による発見は困難となる。

そこで、国内外の多数の手配用顔写真を識別の対象とするとともに、

顔写真撮影時点以降における顔の経年変化や整形手術、眼鏡や髭等の有無が人の目による発見を困難とする問題点を抜本的に解決するため、近年における進歩発展が著しい顔画像識別技術と監視カメラ技術を活用したターゲット発見システムの実現が期待されるところである。

ターゲット発見システムは、監視カメラのライブ映像の中から人物の顔画像を静止画として自動的に取り出し、顔画像識別技術を用いてターゲットの顔画像と即座に照合し、合致した場合にはターゲット発見の警報を直ちに発するシステムである。効果的なシステムとするためには、次の2点の実現が欠かせない。

- ① 発見したターゲットを取り逃さないよう、監視カメラでターゲット本人の顔画像を捉えてから、ターゲット発見の警報を発するまでの所要時間は、秒の単位であること。
- ② ターゲットではない人物をターゲットとして誤認しないよう、他人誤認率を極力低く抑えると同時に、ターゲット本人を見逃さないよう、本人発見率が高いこと。

ターゲット発見システムは、2001年以降、欧米で実用化が試みられてきたが、用いられた顔画像識別技術及び監視カメラ技術双方の性能が今日と比べてかなり低かったため、他人誤認率を極力低く設定した場合には本人発見率がほぼゼロとなり、その結果、ターゲットを全く発見できていない。

しかし、今日の顔画像識別技術及び監視カメラ技術双方の性能は、2001年当時と比べて飛躍的に向上している。緻密かつ鮮明にほぼ正面から撮影した顔画像であれば、数十年の経年変化、表情の違い、整形手術、眼鏡の有無などが影響して人の目には全く別人の印象を与えたとしても、発見したいターゲット本人であることを瞬時に看破できる。今日の顔画像識別技術では、監視カメラで顔画像を緻密かつ鮮明にほぼ正面から撮影できれば、他人誤認率を極めて低く抑えた上での高い本人発見率が実現するのである。

ところが、識別アルゴリズムがベンダー各社ごとで異なるために、顔

画像識別技術の識別性能及び識別特性は各社一様ではない。すなわち、顔画像識別技術がその高性能を十分に発揮するために必要とする緻密さ、鮮明さ、顔の撮影角度などの顔画像品質は、ベンダー各社ごとで異なっている。

このため、効果的なターゲット発見システムを実現するには、顔画像識別技術及び監視カメラ技術のそれぞれについて個別に性能要件を規定するのではなく、顔画像識別技術と監視カメラ技術を融合したシステム全体についての性能要件を規定することが求められるところである。

イ システムの概要

本システムは、顔画像識別技術を用いて、監視カメラで捉えた顔画像と発見したい多数のターゲットの顔画像を照合することにより、長年にわたる経年変化や整形手術、眼鏡や髭等の変装による影響を受けることなく、高精度かつ迅速にターゲットを発見することを目的とする。

このため、本システムは、監視カメラ、顔画像識別サーバ、警報表示装置を、通信回線で接続して構成する。

監視カメラは、ターゲットの顔画像との照合に供する顔画像の撮影に用いる。顔画像識別サーバは、監視カメラで撮影した映像の中から、ターゲットの顔画像との照合に適する顔画像をサンプリング等の手法で取り出すとともに、取り出した顔画像と事前登録したターゲットの顔画像との照合に用いる。警報表示装置は、監視カメラで捉えた顔画像とターゲットの顔画像が同じ人物として合致した場合に、視聴覚に訴える警報を発するの用に用いる。

また、本システムは、監視カメラによる撮影から、警報表示装置で警報を発するまでの一連の動作を、自動的に行う。

本システムは、本システムを設置する環境下において、電氣的・機械的な性能劣化を生ずることなく、長期間にわたり連続して運用できる信頼性を確保する。

本システムは、発見したターゲットを取り逃さない体制がとれるようにするため、監視カメラで捉えた顔画像とターゲットの顔画像が同じ人

物として合致した場合に、警報表示装置で警報を発するまでの所要時間は、監視カメラが当該顔画像を捉えた時点から計測して5秒以内とする。

本システムは、ターゲットではない人物をターゲットとして極力誤認しないようにすると同時に、ターゲット本人を高い確率で発見するため、我が国の運転免許証写真に相当する品質のターゲットの顔画像を1万枚登録した場合における本システムの照合精度として、0.01%以下の他人誤認率において90%以上の本人発見率であることとする。ここでいう他人誤認率とは、監視カメラが捉えた顔画像がターゲット本人ではない場合に、システムがターゲットとして誤認する割合である。また、本人発見率とは、監視カメラが捉えた顔画像がターゲット本人である場合に、システムがターゲットとして識別する割合である。

ウ 期待される効果

前項のイ システムの概要に示したターゲット発見システムの実現により、次の効果が期待できる。

- ① 国内外の多数の手配用顔写真を、発見したいターゲットとしてシステムに登録できる。
- ② 手配用顔写真撮影時点以降における顔の経年変化や整形手術、眼鏡や髭等の有無が、人の目による発見を困難にしている問題点を解決できる。
- ③ 監視カメラで捉えた顔画像とターゲットの顔画像が同じ人物として合致した場合に、警報表示装置で警報を発するまでの所要時間は、監視カメラが当該顔画像を捉えた時点から計測して5秒以内としている。このため、発見したターゲットを取り逃さない体制をとることができる。
- ④ 我が国の運転免許証写真に相当する品質のターゲットの顔画像を1万枚登録した場合における本システムの照合精度は、0.01%以下の他人誤認率において90%以上の本人発見率であることとしている。このため、ターゲットではない人物をターゲットとして極力誤認しないようにすると同時に、ターゲット本人を高い確率で発見できる。

(3) ターゲット発見システムの発注仕様書例

ア 目 的

顔画像識別技術を用いて、監視カメラで捉えた顔画像と発見したいターゲットの顔画像を照合することにより、長年にわたる経年変化や整形手術、眼鏡や髭等の変装による影響を受けることなく、高精度かつ迅速にターゲットを発見する。

イ 機能要件

① 構 成

監視カメラ、顔画像識別サーバ、警報表示装置を、通信回線で接続して構成する。

② 監視カメラ

ターゲットの顔画像との照合に供する顔画像を撮影する。

③ 顔画像識別サーバ

監視カメラで撮影した映像の中から、ターゲットの顔画像との照合に適した顔画像をサンプリング等の手法で取り出す。次に、取り出した顔画像を用いて、事前に登録したターゲットの顔画像と照合する。

④ 警報表示装置

監視カメラで捉えた顔画像とターゲットの顔画像が同じ人物として合致した場合に、視聴覚に訴える警報を発する。

⑤ 動 作

監視カメラによる撮影から、警報表示装置による警報の発出までの一連の動作を、自動的に行う。

ウ 性能要件

① 信頼性の確保

本システムは、本システムを設置する環境下において、電気的・機械的な性能劣化を生ずることなく、長期間にわたり連続して運用できること。

② 照合速度

監視カメラで捉えた顔画像とターゲットの顔画像が同じ人物として

合致した場合に、警報表示装置で警報を発するまでの所要時間は、監視カメラが当該顔画像を捉えた時点から計測して5秒以内とすること。

③ 照合精度

我が国の運転免許証写真に相当する品質のターゲットの顔画像を1万枚登録した場合の照合精度は、0.01%以下の他人誤認率において90%以上の本人発見率とすること。ここでいう他人誤認率とは、監視カメラが捉えた顔画像がターゲット本人ではない場合に、本システムがターゲットとして誤認する割合であり、本人発見率とは、監視カメラが捉えた顔画像がターゲット本人である場合に、本システムがターゲットとして識別する割合である。

エ 設置工事

① 事前承認

本システムの設置工事に先立ち、システムの各構成要素の詳細、各構成要素の設置の工法及び工程を明記した承認図書を作成して、発注者の承認を得ること。各構成要素の設置場所は、別添する現場の見取り図及び現場の写真に示す。

② 実施上の留意事項

本システムの設置工事は、既設物等に損害を与えないように、また、第三者に危害を及ぼさないように、十分に安全を確保して実施すること。

③ 竣工検査

設置工事の終了後、発注者は、本仕様書及び承認図書に基づき検査を行う。検査に必要な準備は全て受注者が行うこと。検査において不備が明らかとなった場合には、受注者は速やかに改善し、再度検査を受けること。

おわりに

ターゲット発見システムは、2001年以降、欧米でその実現が試みられて

きたが、用いられた顔画像識別技術及び監視カメラ技術双方の性能が低かったため、今日まで効果的な成功事例は皆無である。しかし、両技術の性能向上は近年著しく、特に我が国は、今日では両技術共に世界のトップランナーである。最先端の顔画像識別技術では、監視カメラで顔画像を緻密かつ鮮明にほぼ正面から捉えさえすれば、数十年の経年変化、整形手術、眼鏡の有無等の影響により人の目には全く別人の印象を与えたとしても、発見したいターゲット本人であることを瞬時に看破できる。このように、最先端の顔画像識別技術の照合精度と照合速度は、効果的なターゲット発見システムを実現する上で、十分に実用的な水準である。

この実現を担う警察情報通信は、加速度的かつ激的な技術革新の渦中にある。技術革新が急激に進む中で最先端技術を用いてシステムを実現するには、部分最適化のコンセプトではなく全体最適化のコンセプトで発注仕様書を纏める必要がある。また、この場合の発注仕様書では、詳細設計に代えて、発注者がシステムに求める機能要件と性能要件を漏れなく規定する必要がある。この2点が、費用対効果に優れたターゲット発見システムを実現するための、発注者エンジニアリングの要諦である。

このように、我が国が世界に誇る顔画像識別技術及び監視カメラ技術を基盤として、適切な発注者エンジニアリングにより価格と技術の両面で競争原理が確実に働くようにすれば、2020年の東京オリンピック・パラリンピックに向けて、テロ対策及び後方治安対策に大きく貢献するターゲット発見システムを、世界で初めて実現することができるのである。

引用・参考文献

- 1) 澤田雅之「顔画像識別技術と監視カメラが産み出す機械の目の特性」(2016年、月刊技術士3月号、12頁)
- 2) 澤田雅之「顔画像識別における人の目の特性と機械の目の特性」(2015年、警察政策第17巻、188頁)
- 3) 堀内雄人ほか「顔画像自動識別技術の大規模データベースに対する適用に向けて」(2014年、警察政策第16巻、163頁)
- 4) 堀内雄人「顔画像自動識別技術の動向」(2012年、警察政策第14巻、67頁)
- 5) NIST「Face Recognition Vendor Test」(2014年、NIST Interagency Report

8009)

6) 法務省「日本人出帰国審査における顔認証技術に係る実証実験結果（報告）」
(2014年)

(さわだ まさゆき)