

経済産業大臣賞

「物体指紋」認証技術の研究開発および グローバルな真贋判定ソリューションの実現

¹NEC データサイエンス研究所、²NEC ビジネスクリエーション本部、
³NEC キャリアサービス事業部

石山 壘¹ 高橋 徹¹ 工藤 佑太¹ 福澤 茂和²
山口 博之² 天野 信一³ 長 恵一³

1. 緒言

近年、モノの製造から流通、そして、使用に至る一連の過程がグローバル化している。消費者は、パソコンやスマートフォンの画面を見ながら、インターネットを通じて欲しいものを、欲しいときに、世界中のどこからでも購入できるようになった。

その一方で、模倣品の問題が深刻化している。模倣品と聞くと、バッグや時計などの高級ブランド品のような嗜好品類を思い浮かべ、単にお金やファッションの問題だと考える人が多い。ところが、近年、模倣品のターゲットは世界中のあらゆるモノ、たとえば、電子機器・半導体製品や機械部品、医療用品、日用品などに広がっている。模倣品は、経済的な損害はもとより、消費者の健康や安全への脅威、さらには、犯罪組織の収入源になるなど、社会全般に多大な影響を及ぼしている。

たとえば、ネットショップを通じて販売されている医薬品の中に偽造品が紛れ込んでいる場合がある[1]。偽造医薬品は、有効成分を含まないだけでなく、有害成分を含む場合もあり、健康を害したり、さらには死亡に至った例もある。また、デジタルカメラやスマートフォンのバッテリー、ACアダプター、充電器などの電気機器、その内部の半導体部品にも多くの模倣品が発見されている。その中には安全基準を満たしておらず、発火や爆発などの事故も報告されている[2][3]。自動車部品でも、エンジン部品を始めブレーキ部品、ステアリング部品など多岐にわたる模倣品が見つかった。それと知らず、あるいは安かろうと安易に使用してしまえば、最悪の場合には、自身の危険のみならず他人を巻き込む事故を起こす危険がある[4]。さらには、航空機の部品にも模倣品の危険性が指摘されており、乗客の安全に関わる問題として、対策が求められている[5]。

全世界での模倣品取引額の推計は、年間約5000億ユーロ(約80兆円)(世界税関機構(WCO)、国際刑事警察機構(ICPO)資料)、年間約2000億米ドル(国際貿易に限定)(OECD資料)ともいわれるように巨額にのぼる。日本においても、年間1億円以上の模倣品被害を受けている企業は、調査した353社の20%以上、100億円以上の被害を受けている企業も1.7%に上り(353の日本企業調査・経産省調べ)、知的財産の侵害は極めて深刻である。この背景のもと、模倣品対策に力を入れる企業が増え、図1に示すようにその対策費用は年々増加している。しかしながら、模倣品の件数は増加の一途をたどっており、現状の模倣品対策の抑止効果は不十分といえる。

従来の模倣品対策は、鑑定士など専門家による目視確認のほか、商品に埋め込まれた特殊な加工やタグ(ホログラムなど)を読み取ることで真贋判定する方法が主流である。このようなやり方には、次の3つの問題がある。

問題1：全商品に模倣対策タグを埋め込むには、製造コストへの負担が過大である。電子・機械部品のように、一つ一つは小さく安価で、膨大な数が製造されるモノに対し、模倣対策タグを個々に取り付けることは、製品価格に対しコスト的に見合わない。

問題2：模倣対策タグは、商品と同様に大量生産(複製)が可能である以上、技術の進歩により、いつかは模倣されるリスクがある。近年の製造技術のコモディティ化に伴い、一見して違いのわからないコピー品を容易に製造可能になりつつある。

問題3：大量の商品に識別タグを取り付けて出荷しても、世界中の市場で誰もがすぐに真贋判定できる状態でなければ、監視の目が行き届かず、実質的な効力を発揮できない。

以上の3つの問題を解決し、世界中で大量に製造・販売されるモノの有効な模倣対策を実現するには、次の3つの課題の解決が求められる。

課題1：低コストな個体識別方法

課題2：技術的に模倣が困難、あるいは、模倣側がコスト高となる識別方法

課題3：いつでも、どこでも、誰でも容易に利用できる真贋判定システムの実現

本論文では、これらの課題を克服した、物体指紋を利用したモノの真贋判定ソリューションについて述べる。

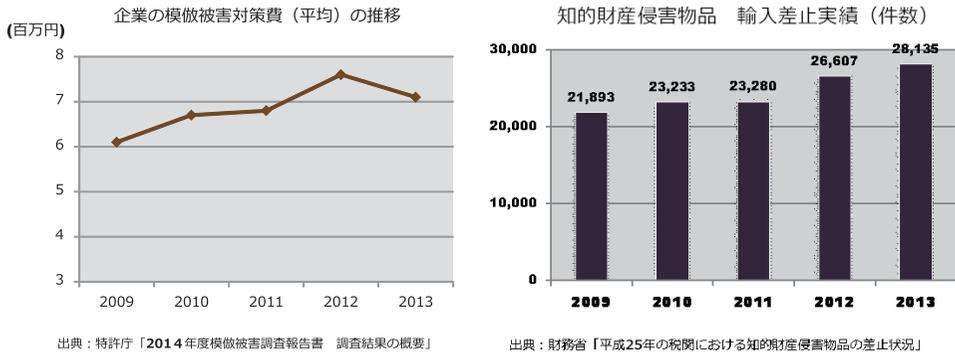


図1：企業の模倣対策費用と、税関で差し止められた物品の実績 [6] [7]

グローバル化・標準化が進展し、世界中で安価に大量生産される部品

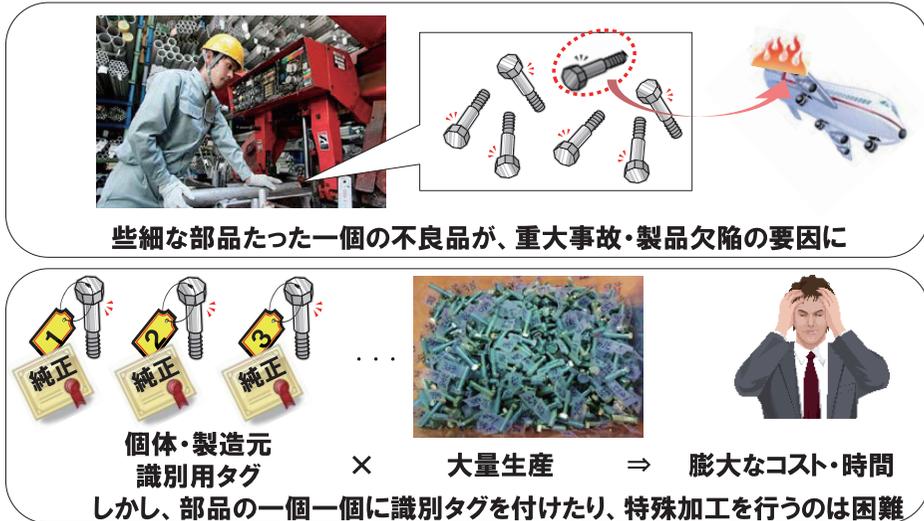


図2：大量生産される部品に対する真贋判定の問題

2. 物体指紋の発見

従来の模倣対策は、商品にタグを付与する方法であり、人の識別に例えれば、個人に発行された身分証明書を確認する方法であった。証明書不要な識別技術として、人の個体差、たとえば、指紋、顔、目の虹彩等の模様や特徴を画像認識で照合し、個人を識別・認証するバイオメトリクス技術がある。筆者らは指紋認証をヒントに、工業製品にも指紋のような微細な個体差があって、その画像から個体を識別・認証できないかと考えた。

そこで、市販の同一型番の金属部品を数千個購入し、識別可能な「指紋」があるか調べてみた。購入部品は品質検査を通った市販品であり、当然見た目には違いが判らない。そもそも一般的に、同一の工業製品は、同じ製造装置を使い、ばらつきの無いように製造されるもので、個体差は基本的にないと考えられている。ところが、特定の照明条件下で部品の表面を顕微鏡で拡大すると、個々に表面の凹凸が微妙に違い、異なる紋様パターンとして観測可能なことに気付いた。これを確かめるため、数千枚の部品表面の拡大画像を収集し、画像認識技術を用い100万回を超える照合を行った。その結果、異なる個体間において完全一致の紋様は出現せず、個体を一意に識別できることを発見した。生物ではないモノにも指紋があり、個体識別が可能なが分かった瞬間である。同じ工業製品は同一であるという常識をくつがえし、「モノ自体を見るだけで真贋判定を実現する」ことの可能性を開く画期的な発見であった(図3)。

ただし、個体差があるといっても、わずかな傷など、持ち運びただけで変わってしまうような脆弱な特徴では、実際の識別には使えない。そこで、部品を洗濯機に入れて何度も回した上で、以前の画像と照合可能かも実験した。その結果、傷が付いてもなお、個体を識別可能な特徴がしっかりと残っていることを確認した。傷よりもはるかに多くの、個体固有の特徴が、製造時から刻み込まれているのである。

その後、様々な工業製品・部品について、同一型番の多数の個体を集めて調べた結果、やはり表面に個体固有の「物体指紋」が存在することを発見した。図4にその一例を示す。機械製品の塗装面や、電気製品のプラスチック筐体にも、個々に異なる微細な凹凸があり、物体指紋を観測できた。

ここで重要なことは、物体指紋は製造時に意図せず発生しており、同じ特徴を製造することは、正規のメーカーであってもできていない、という点である。たとえば、金型に金属や樹脂を流し込んで製造する鑄造部品の場合、金型の形状が完全にコピーされた製品ができるのが理想である。しかし現実には、流し込まれる素材が金型の凹凸の隅々まで、ミクロのレベルで常に同一に流れ込み、同一の凝固をすることはない。個々の製造のたびに、微細な流れや凝固作用の差異が生じる。このミクロな差異によって、物体の表面に個々に異なる微細な凹凸が発生する。もちろん、このような微細な凹凸は部品の性能・品質には全く影響しないレベルにあり、通常は同一品として扱われている。

このような意図せず発生している「物体指紋」を模倣するには、まず、正規品の指紋を個々に精密測定し、そのうえで、正規品にも使われていない精密加工でそれを再現しなければならない。必然的に、正規品よりも模倣品の方が製造にコストがかかることになる。正規品よりも高価な模倣品を作るメリットはなく、模倣抑止につながる。

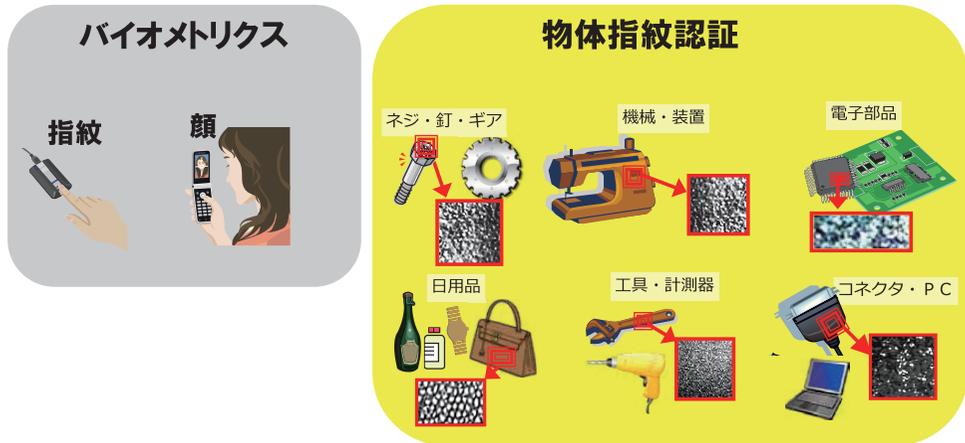


図3：人の個体差を画像で識別するバイオメトリクスと、物体を識別する物体指紋



図4：物体指紋認証を適用できた様々な素材の工業製品。

3. 物体指紋認証技術

3.1 物体指紋の照合方法

物体指紋の照合は、局所特徴量を用いた画像照合手法と、特徴点の幾何的な配置の整合性を検証するアルゴリズムで実現できる[8]。まず、物体指紋画像から、輝度の変化が急峻で、位置が安定して求まる場所を特徴点として決定する。次に、特徴点周辺の局所的な輝度パターンを特徴量としてデータ化する。そして、照合する双方の画像から、特徴量の差が最少となる特徴点をペアとして求める。求めたペア群から、他の特徴点との相対的な位置関係が矛盾

しないペア群のみを抽出する。両画像から抽出された特徴点の数の合計を N_{total} 、幾何的な配置が正しい特徴点ペアの数を $n_{inliers}$ とし、両画像の照合スコア s を次式で計算する。

$$s = \frac{n_{inliers}}{N_{total}}$$

最後に、照合スコアが所定の閾値より高ければ、両画像は同一の個体であると決定する。

例として、金属ボルト1,000本を照合した際の、照合スコア s の分布を図5に示す。同一個体のペアでは0.1以上となり、異なる個体間では0.1以下のスコアとなった。つまり、0.1を閾値として、2つの画像に写る個体が同一かどうかを判定できる。

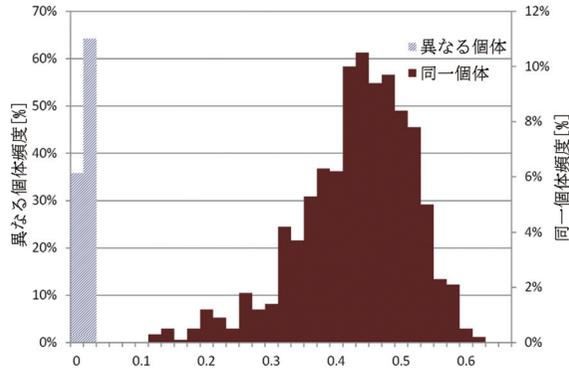


図5：照合スコアの分布(金属ボルトの例)。

3.2 FIBARの開発

正規品の物体指紋の画像を集めておき、調べたいモノの画像と照合することで、模倣対策技術の第1・第2の課題を解決した真贋判定方式を実現できる。さらに、第3の課題「いつでも、どこでも、誰でも容易に利用できる真贋判定システムの実現」に対し、今日、企業の従業員や消費者のほとんどが持っているスマートフォンに着目した(図6)。

物体指紋認証では、物体表面を拡大・接写して得られる微細な特徴を識別に用いる。精巧な模倣品を見抜き、偽造困難とするためには、ミクロな凹凸の個体差を鮮明に画像として捉える必要がある。しかし、物体指紋の微細特徴は、明確な色の変化ではなく、形状の凹凸である。光の当たり方により反射や影が変化し、異なる特徴として写ってしまい、安定して照合することができない。

そこで、表面の微細な凹凸を、撮影環境に依らず安定、かつ高コントラストな紋様画像として撮る手法(Fingerprint Imaging by Binary Angular Reflection: FIBAR)を開発した[8]。垂直から一定範囲は光を遮断し、横方向から白の拡散光が入る構造により、物体表面の法線方向から角度がつくにつれて、白黒の鮮明なパターンを反射させる。その結果、微細な凹凸を高いコントラストの紋様画像として撮影できる。FIBAR構造のカメラ装着用治具は、紙の印刷や3Dプリンタで誰でも安価に製造でき、配布も容易である。

実験では、同一の金型で圧造した10,000本を超えるボルトの一本一本を、100%誤りなく個体識別・真贋判定することに成功した。さらに、図4に示したような多様な素材に対してもFIBARを応用し、産業機械の塗装面や、プラスチック樹脂製部品、さらに繊維、皮革製品など、様々なモノの物体指紋認証を実現した。

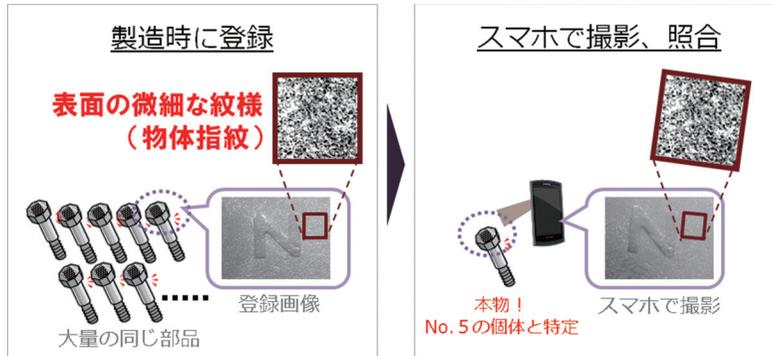


図6：スマートフォンによる物体指紋認証の実現。

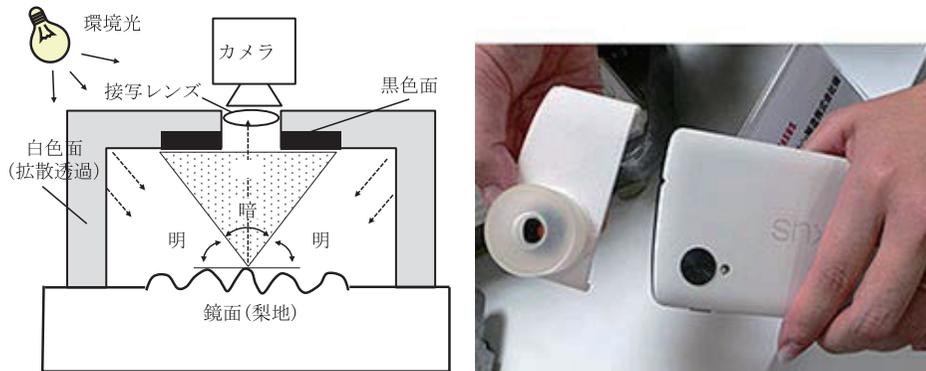


図7：FIBARの構造とスマートフォンへの装着。

3.3 物体指紋認識システムの構成

物体指紋認証システムの構成を図8に示す。製造側では、製造ラインにFIBARを装着したカメラを設置し、製品の物体指紋を撮影しデータベースに保存する。ユーザ側は、スマートフォンの内蔵カメラにFIBARを装着し、検査品の物体指紋を撮影し、照合サーバに送信する。照合サーバはデータベースと照合して真贋判定結果をユーザ側へ返す。

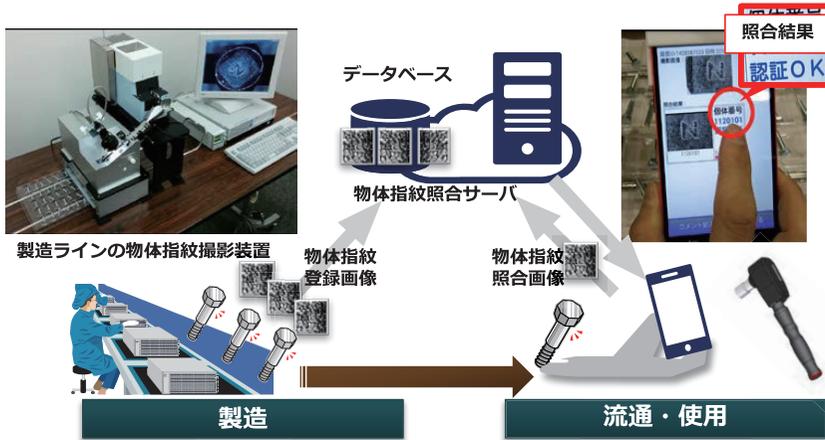


図8：物体指紋認証システムの構成。

4. 真贋判定ソリューション

4.1 物体指紋認証サービス

NECは、クラウドベースの画像認識サービス「GAZIRU」[9]として、物体指紋認証による真贋判定機能を提供している（図9）。事業者が正規品の物体指紋を登録しておき、ユーザがスマートフォンで撮影した検査対象品の画像をクラウドに送れば、物体指紋を照合して真贋判定結果を提供する。

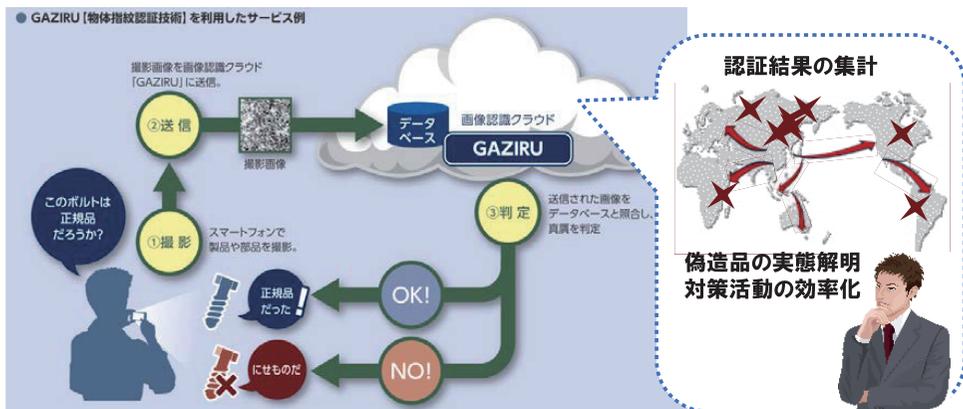


図9：物体指紋認証技術による真贋判定を提供する画像認識クラウドサービス GAZIRU

世界中で行われた真贋判定の結果は、クラウド上にログとして蓄積される。ログを分析すると、模倣品が出回っている地域や時間軸上の発生傾向など模倣品の実態がリアルタイムにわかる。これは、迅速・効率的な模倣対策に活かせる画期的なソリューションである。さらに、模倣対策を行う様々な企業や関係機関がこの情報を共有するようになれば、さらに効果的な模倣対策が実現すると期待される。

4.2 応用例(1)：ベビー用品の偽造品対策

物体指紋認証の実用化第1弾として、株式会社グッドウェイが日本正規総代理店を務めるベビー用品「エルゴベビー・ベビーキャリア」の偽造品対策に採用された[10]。従来にないITを活用した対策をとっていることが、様々な広報・報道記事によって市場全体に周知され、偽造に対する抑止力となることが期待されている。



図10：「物体指紋認証技術」を採用した「エルゴベビー・ベビーキャリア」

4.3 応用例(2)：産業インフラ機械への適用

物体指紋認証は、消費者向けの市販製品だけでなく、工場の生産設備やインフラに用いられる機械の模倣品対策にも活用できる。

一例として、アパレル製品工場で使われる産業用ミシンへの応用がある。機械製品の表面塗装として広く用いられているハンマーネット塗装の微細な凹凸から物体指紋を採取し、真贋判定を実現した。実際の製品に対して、市販のスマートフォンで撮影するだけで、産業機器の真贋判定ができることを実験で確認した[11]。

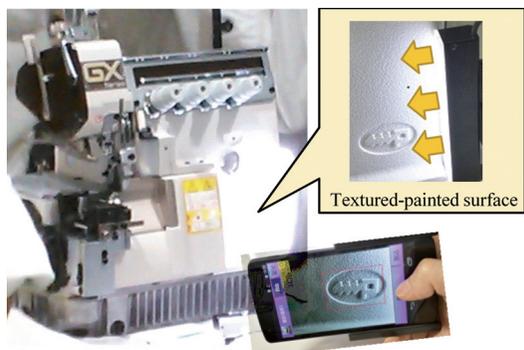


図11：物体指紋認証による産業用機械の真贋判定

4.4 今後の展開

物体指紋認証は、個体毎に管理したい情報と物体指紋を関連付けて登録すれば、個々のモノの管理や記録などに利用できる(図12)。たとえば、電子部品、服飾用部品、食品・薬品の容器などの表面にある物体指紋と、個々の製造日、購入店舗や日時などを対応付けて登録すれば、個々にタグを付与する手間なく、電子的な管理を実現できる。さらには、設備の保守運用において、使用される膨大な部品の点検、作業履歴の記録にも有効である。航空機や鉄道、工場の機械設備などの日々の運用は、膨大な数の部品を誤りなく点検・交換する作業に支えられている。しかし、部品のすべてに識別タグを付けて管理することは困難である。物体指紋認証を活用すれば、膨大な部品の電子管理を実現し、より安全かつ効率的な保守点検を実現できる。このように、物体指紋認証は、社会の安全・安心、効率的な維持管理に必要とされる、膨大なモノの識別を自動化する基盤技術として、あらゆる分野への活用が期待されている。



図12：真贋判定以外への応用例

5. 結 言

大量のモノが世界中に流通する現在、その広大で複雑な経路に密かに入り込む模倣品を監視し、被害を抑止できる社会基盤の構築は、効率のかつ安心・安全な社会を作るうえで重要な課題である。物体指紋認証技術は、従来、膨大なコストがかかるために困難であった大量生産品の真贋判定を、対象物をスマートフォンで撮影した画像をクラウドへ送るだけで、誰でもできるようにした点で、世界初のブレークスルーとなる技術である。

物体指紋認証は模倣品対策の社会基盤として期待される。疑わしいモノに対して簡単に真

質判定でき、模倣品によるリスクを未然に防止できる。また、模倣品が常に監視され、すぐに見破られるようになることで、強力な抑止力となる。これは、知的財産の保護につながり、日本のものづくりの健全な収益構造を守り、産業の成長拡大に大きく貢献する。我々は、今後もより安全かつ効率的で快適な IT 社会の実現に向けて、物体指紋認証をはじめとする画像認識の技術開発で、引き続き世界の最先端を突き進んでいく所存である。

参考文献

1. 政府広報, 健康被害などリスクにご注意!,
<http://www.gov-online.go.jp/useful/article/201403/2.html>
2. カメラ映像機器工業会, 模倣電池に関するご注意,
http://www.cipa.jp/battery/index_j.html
3. JEITA 電子情報技術産業協会, 模倣品に対する注意のお願い,
http://semicon.jeita.or.jp/alert_on_semiconductor_counterfeits_j.html
4. 日本自動車工業会, 偽造品・模倣品の拡散実態調査 (レポート No.107) 2008年
5. Aerospace Industries Association, Special Reports: Counterfeit Parts,
<http://www.aia-aerospace.org/assets/counterfeit-web11.pdf>
6. 特許庁, 2014年度模倣被害調査報告書
7. 財務省, 平成26年の税関における知的財産侵害物品の差止状況,
http://www.mof.go.jp/customs_tariff/trade/safe_society/chiteki/cy2014/20150304.htm
8. T. Takahashi and R. Ishiyama, "FIBAR: Fingerprint Imaging by Binary Angular Reflection for Individual Identification of Metal Parts," Proc. 5th Int. Conf. Emerging Security Technologies (EST-2014), pp. 46–51. 2014.
9. NEC, 画像認識サービス GAZIRU, <http://jpn.nec.com/solution/cloud/gazou/>
10. 株式会社ダッドウェイ プレスリリース, 日本のファミリーのためにさらなる安心を。「エルゴベビー・ベビーキャリア」日本限定の新機能を発表,
http://www.ergobaby.jp/common/img/pdf/pressrelease_150924.pdf
11. 石山 壘, 工藤佑太, 高橋 徹, 塗装表面微細凹凸の画像照合による工業製品の個品認証, 精密工学会誌, vol.82(3), pp.251-258, 2016年3月。

