

偽造防止対策とトレーサビリティを考慮した 新2次元コードとレーザー刻印・読み取りの実験

A New Two-dimensional Code Considering Traceability and Anti-counterfeiting and
Its Laser-Marking and Reading Experiments

関 陽^{*}、平越 裕之^{*}、上田 義朗[†]

Yang Guan, Hiroyuki Hirakoshi, Yoshiaki Ueda

偽造防止対策とトレーサビリティを考慮し、既存の偽造防止ラベル・バーコード・QRコードなどに代替する新たな2次元コードを考案した。新コードは金属などにレーザー加工で直接刻印できる微小なものであり、正方形の領域の中に直線線分で構成された複数個のコード要素を配置することによって構成される。コードの構成を説明し、レーザー刻印と読み取り撮影の実験を行い、実現可能性を確認した。

キーワード：2次元コード、偽造防止、トレーサビリティ、レーザー刻印、読み取り

I. はじめに

近年、日本の製造企業の多くは、自社製品の模倣品などに悩まされている。特許庁が日本で特許出願・実用新案登録出願等の合計出願件数の多い国内の企業・団体に対する模倣被害調査報告書¹⁾によると、約21.8%の企業は模倣被害に会っており、模倣被害総額が1000億円以上に上っている。模倣品等の製造国・地域別でみると、中国、日本、台湾、韓国が上位を占め、東アジアで模倣問題が大きいことが分かる。模倣被害企業全体の62.3%がインターネット上の模倣被害を受けており、2007年度以降はその被害が増加の一途を辿っている。また、偽造防止とブランド保護の世界市場動向調査²⁾によると、オンライン購入の増加などにより偽造品が世界的に増加し続けており、それに伴って目視可能な公開マーク、機械読取可能な非公開マーク、プリンタ、アプリケーション、認証コード等の技術を含む偽造品防止市場も拡大し続けている。このように、企業は自己の知的財産権の保護対策として、自社製品に偽造防止ラベルを貼付したり印刷したりしている。偽造防止ラベルに商品個別の数字列・文字列を印刷し、インターネットや電話で問い合わせることにより真贋の判別を行うこともよく使われる手段である。ジェトロがまとめた報告書³⁾によると、偽造被害の大きい中国では偽造・模倣などの犯罪活動が日増しに活発化しつつあり、中

^{*}流通科学大学総合政策学部、〒651-2188 神戸市西区学園西町3-1

[†]流通科学大学商学部、〒651-2188 神戸市西区学園西町3-1

国政府が偽造防止印刷用インク、偽造防止スタンプ用インク、印鑑偽造防止、偽造防止ホログラム、偽造防止紙、コピーガード技術、電子創作偽造防止技術、マルチメディア偽造防止技術、構造偽造防止技術、原子核ダブルカード偽造防止技術等の10種類の偽造防止技術を定め、偽造防止の政策を推し進めているなど、偽造防止が世界的範囲で重要な課題となっている。

一方、近年、商品のトレーサビリティに対する要求が高まっている。これは、商品の生産段階から最終消費段階または最終使用段階までの流通経路を追跡・明示することを可能にする。そのために商品個別の数字列・文字列を機械で簡単に読み取れるようにバーコードやQRコード⁴⁾⁵⁾、またICタグなどが使用されている。

しかし偽造防止ラベルやバーコード・QRコードなどはある程度の大きさを有し、小さい部品に直接使用できない。また、金属などの材質に直接刻印することが難しいため、金属製品や電気部品などに利用できない。そこで本研究は、金属などにレーザー加工⁶⁾⁷⁾で直接刻印できる微小な新コードを考案し、その読み取り方法を開発する。この新コードは、微小なサイズの正方形の領域の中に直線線分で構成された複数個のコード要素を配置することによって構成される。本稿では新コードの構成について説明し、そのレーザー刻印と読み取りの実験を行う。

II. 新2次元コードの構成

本研究では、既存の偽造防止ラベル・バーコード・QRコードに代替する新たなコード考案した。その新コードの特徴は次の2点である：

- ① レーザー等を使って金属などの材質に直接刻印できる。
- ② 約1mm×1mm程度の極小スペースだけを必要とする。

レーザー刻印などの技術を用いて1mm×1mmや2mm×2mm程度の微小領域でコードを実現するために、基本構想として、図1のような直線を基本とするコード要素を用いてコードを構成する。コード要素は“田”の字を構成する各直線分の組み合わせで構成され、コード要素のパターンは計 (2^6-1) の計63種類である。

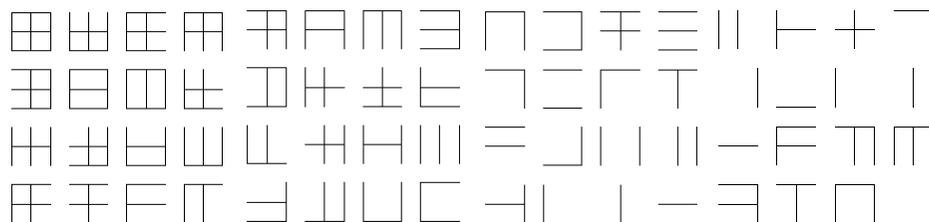


図 1. 63 種類のコード要素パターン

図 2 のように、複数のコード要素を 2×2、3×3、4×4 などの形で配置することによってコー

ドを構成する。その組み合わせは例えば3×3の場合は 63^9 、4×4の場合は 63^{16} に達し、その一部をチェックビットで使用しても、残りの部分は製造業における製品の製造番号として十分な機能をもっている。また、コードの読み取り精度を向上させるため、図3のように丸い位置決めマークと枠線を補助的に追加する。

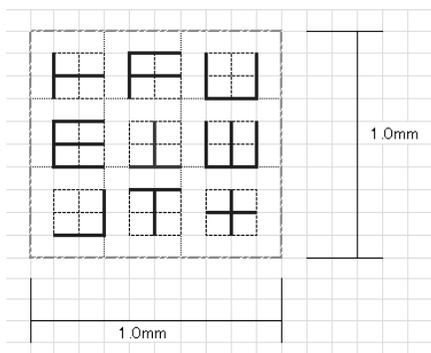


図2. 3×3のコード構成例

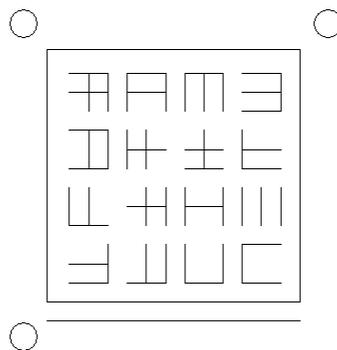


図3. 位置決めマークを配置したコード

Ⅲ. レーザー刻印・読み取りの実験と考察

考案した2次元コードのレーザー刻印・読み取りの実験を行った。レーザー加工で色々な条件で金属に刻印し、デジタル顕微鏡で読み取りをして、効果を考察した。実験は、図4のように、63種類のコード要素を4×4の形で配置して位置決めマークを加えた図案と、4×4の形で配置したコードサンプル等を使って行った。

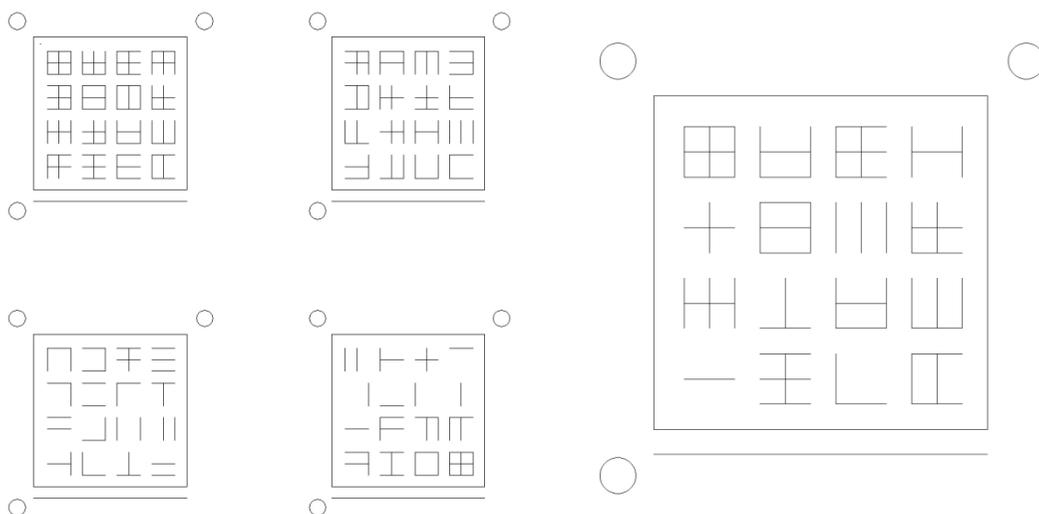


図4. 実験で使用したコード図案

1. 主な実験機器

本実験では、レーザー加工機として GCC Stellar Fiber I series、読み取り装置として Vitiny UM06 デジタルマイクロスコープを使用した。以下にその特徴と主なスペックを記す。

a. レーザー加工機 GCC Stellar Fiber IF 20SHS 110

ガルバノヘッドの YVO4・Fiber 金属用レーザー加工機（図 5）であり、金属マーキングを鮮明に行えることが特徴である。

出力パワー：20W

加工エリア：110×110mm

スポット径：35 μ m

反復精度：0.006mm

適用素材：ステンレス、アルミ、鉄、真鍮、銅、チタンなど



図 5. GCC Stellar Fiber IF 20SHS 110



図 6. Vitiny UM06

b. デジタルマイクロスコープ Vitiny UM06

被写体とレンズが離れていてもクリアに拡大表示できるデジタル実体顕微鏡である（図 6）。

撮像素子：CMOS

有効画素：500 万画素

対物レンズ：4 倍

撮影距離：2cm～22cm

2. 材質とレーザー加工条件に関する実験

金属のレーザー加工において、異なる材質では加工結果の状態がかなり異なることが多い。また、材質に応じて加工条件（速度、パワー、周波数など）を適切に設定する必要がある。同じ材質に対しても、異なる加工条件では刻印した溝の色・幅・深さが異なる。例えば、図7はステンレス材質に対して異なる速度とパワーで刻印した実験結果であり、加工条件の変化に伴って刻印結果の色は黒から無色へ変化し、刻印溝の幅と深さも大きく変化する。図8にアルミに対して異なるサイズで刻印した結果を示す。

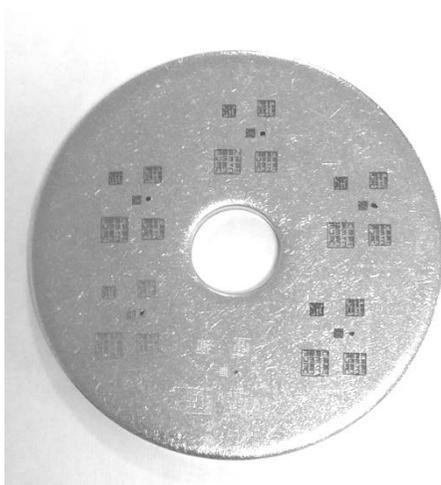


図7. ステンレスの刻印結果

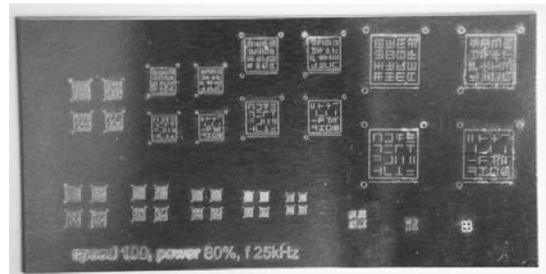


図8. アルミの異なるサイズの刻印結果

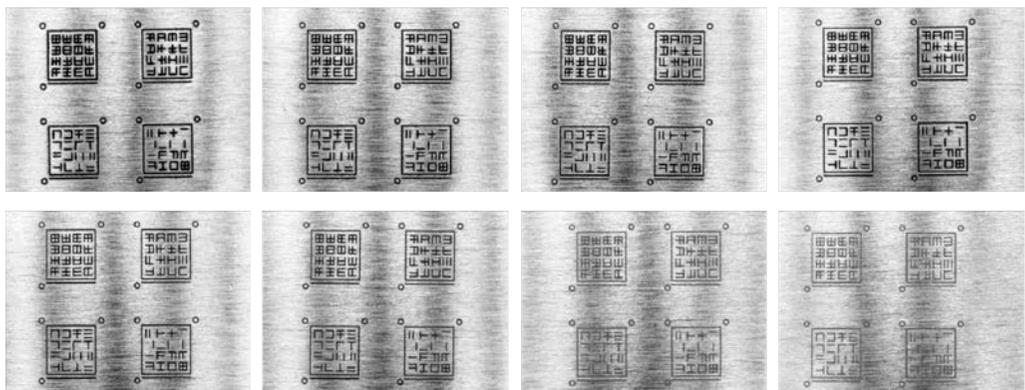


図9. 異なる速度の刻印結果（固定条件：パワー80%、周波数 25kHz）

（上段：8、30、50、70、下段：120、200、500、700mm/sec）

図9にコード要素の図案を異なる速度で刻印した結果を示す。速度を下げると刻印結果の色が濃くなり、速度を上げると色が薄くなる。図10に、図9の左上のコードを拡大したものを示す。刻印結果の濃さなどは読み取りの精度に影響するため、読み取りのシステムに合わせるように、材質ごとに適切に設定する必要がある。

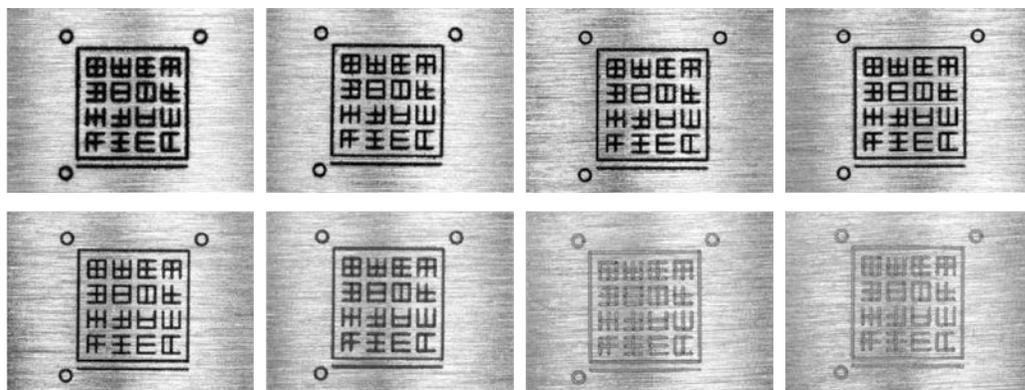


図10. 異なる速度の刻印結果の拡大図（固定条件：パワー80%、周波数25kHz）

（上段：8、30、50、70、下段：120、200、500、700mm/sec）

3. 読み取り時の照明に関する実験

微小なものを撮影して読み取る際、照明が重要な要素となる。特に本研究では金属素材に微小なマークをレーザーで刻印し、それを読み取って識別するが、金属による光の反射、光の影、溝の深さと幅の異なりによって、微小マークを鮮明に撮影することが重要であると同時に困難であった。本研究では、複数のデジタル顕微鏡を使って実験を行い、UM06を使った時の効果が最も良かった。図11に、使用するLEDの個数を変化させたときの撮影画像の結果を示す。また、図12に異なる倍率、すなわち異なる撮影距離の撮影画像の結果を示す。

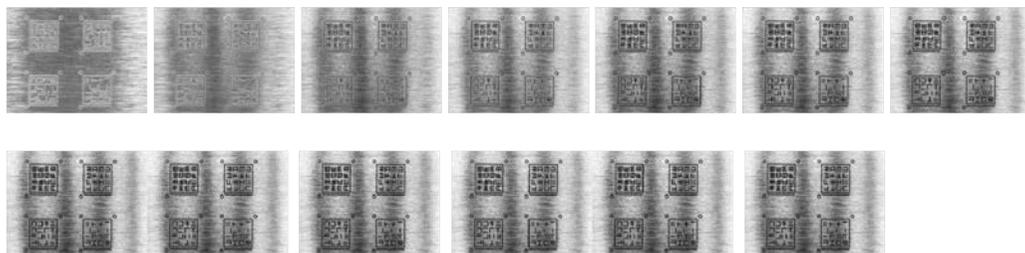


図11. 異なるLEDレベル数による撮影画像の比較

（上段：LEDレベル数0,1,2,3,4,5,6、下段：7,8,9,10,11,12）

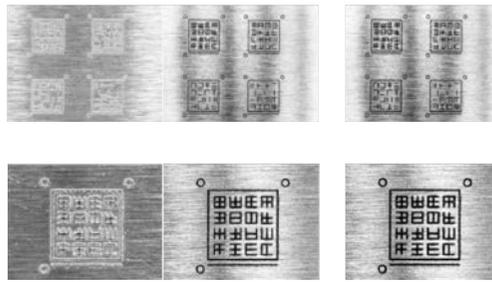


図 12. 異なる撮影距離による撮影画像の比較 (LED レベル数 : 0.6,12)

(上段 : 撮影距離 11.1cm、下段 : 撮影距離 6.37cm)

図 11 と図 12 により、照明を使う場合により鮮明な画像が撮影できることが分かる。また、撮影距離によって照明の陰影が異なり、マークサイズが小さいほど（倍率が高いほど）反射・材質の様子の影響が大きい。照明をコントロールしながら撮影し、撮影画像を畳みあわせることによってより鮮明な撮影画像を得る工夫などが必要であると考えられる。

4. 異なるサイズに関する実験

レーザー加工と読み取りの精度を確認するために、図 4 の実験用図案を図 8 のように異なるサイズで刻印し、それを撮影して読み取る実験を行った。図 13 に、異なるサイズのマークを異なる倍率でほぼ画面一杯に拡大した時の撮影結果を示す。

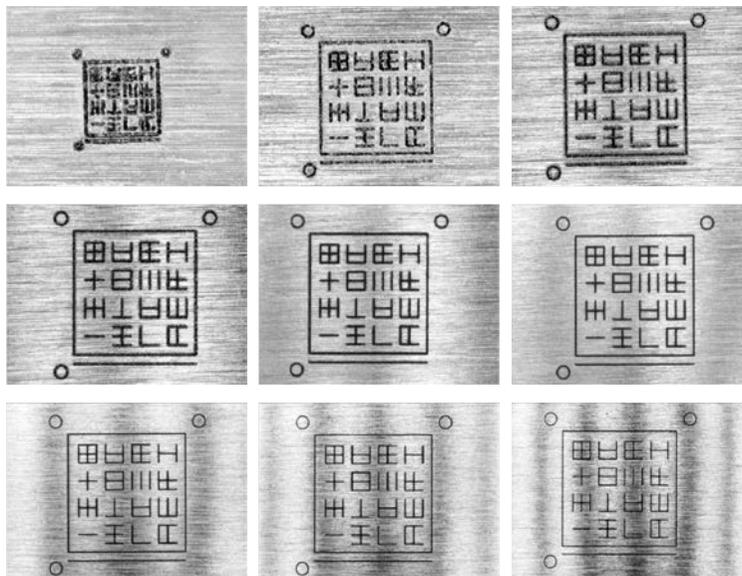


図 13. 異なるサイズによる実験結果

(上段 : 1,2,3mm、中段 : 4,5,6mm、下段 : 8,10,12mm、両側の○の外側間の距離)

図 13 によると、2mm 程度のサイズまで、コードサンプルがほぼ原形通りに刻印・撮影されており、本研究で提案した 2 次元コードの実現可能性が確認できた。また、画像認識をするための局所特徴量 SURF⁸⁾⁹⁾に関するいくつかの実験結果を図 14 に示す。同じサイズから切り取ったコード要素を使用することによって、1mm 程度のサイズまで良好な結果が得られた。

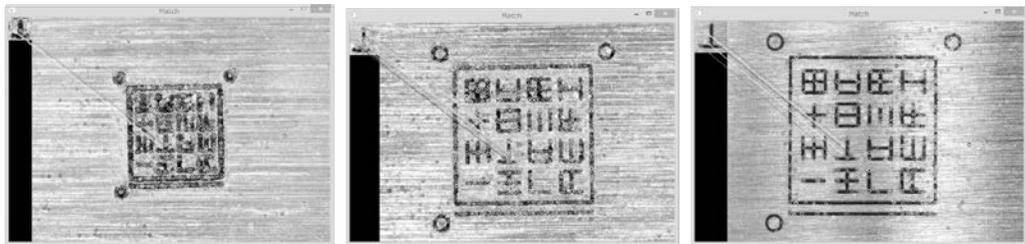


図 14. 局所特徴量 SURF に関する実験結果

(左 : 1mm、中央 : 2mm、右 : 5mm、両側の○の外側間の距離)

なお、レーザービームの品質がエムスクエア値 M^2 によって決まる^{10,11)}ため、より良い M^2 値のレーザー加工機を使うことにより、さらにより結果が期待できる。

5. テンプレートマッチングによる実験

テンプレートマッチング⁸⁾を用いて、コードパターンの識別実験を行った。

刻印と撮影結果が比較的良好的な 5mm サイズのコード要素図案から図 15 のようなコード要素を切り取り、それをテンプレートとして、異なるサイズのコードサンプル画像に対してテンプレートマッチングによる識別実験を行った。その結果を図 16 に示す。テンプレートマッチングにおいて類似度尺度は正規化相互相関を使用した。また、1mm 程度のサイズの画像は、撮影に使用したデジタルマイクロスコープの拡大倍率の限度のために他の画像と異なる撮影画像寸法となっているが、同程度となるようにスケーリングを行った。

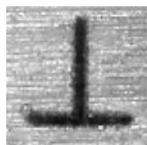


図 15. 使用したテンプレート

図 16 により、それぞれのサイズのコードサンプルに対して、テンプレートマッチングによって識別が正しくなされた。特に 1mm 程度のサイズの画像においてはコードの形がある程度崩れているが、正しく識別できた。

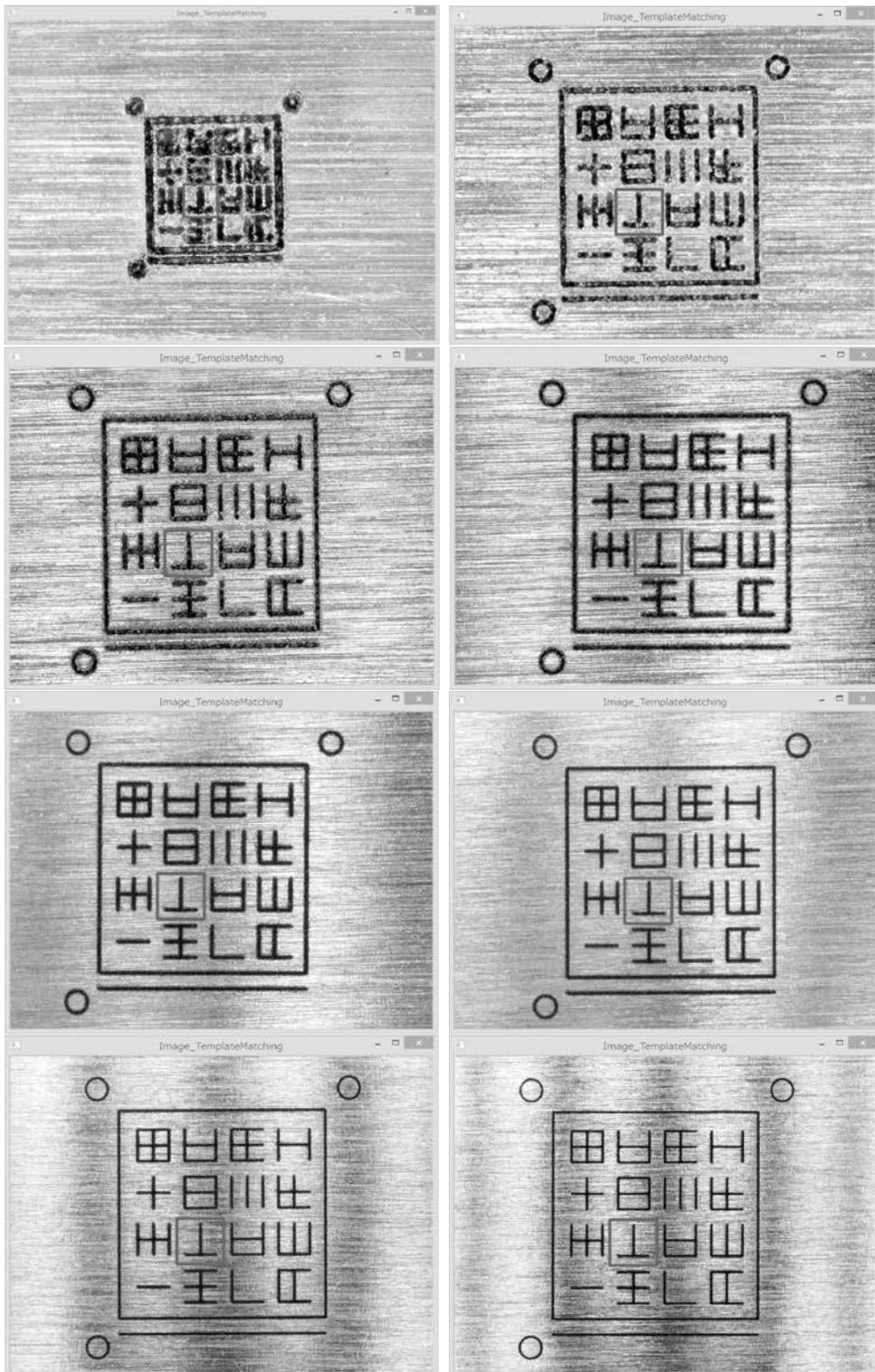


図 16. テンプレートマッチングの結果 (画像サイズ: 順に 1,2,3,4,5,6,8,10mm)

IV. おわりに

本研究では、偽造防止対策とトレーサビリティを考慮し、既存の偽造防止ラベル・バーコード・QRコードなどに代替する、金属などにレーザー加工で直接刻印できる微小な新たな2次元コードを考案した。この新コードは、微小な正方形の領域の中に直線線分で構成された複数個のコード要素を配置することによって構成される。本稿では、考案した2次元コードの構成を説明し、そのレーザー刻印と読み取り撮影を行い、材質とレーザー加工条件・読み取り照明・マークサイズ等について実験を行った。その結果、2mm程度のサイズまでにコードサンプルがほぼ原形通りに刻印・撮影することが確認でき、本研究で提案した2次元コードの実現可能性が確認できた。また、テンプレートマッチングによる識別実験が良好な結果を示した。精度の良い読み取りアルゴリズムや撮影システムの開発や、異なる材質の金属・ガラス・プラスチック・セラミックスなどの材料に対する新コードの有用性の検証などが今後の課題となる。

謝辞

本研究の遂行に当たり、株式会社ウィン&ウィン、有限会社ゆうい工房、コムネット株式会社メーカーズ工房からご協力・ご支援をいただいた。また、本研究の一部は科研費(26540176)の助成により行われた。関係各位に感謝する。

引用文献

- 1) 特許庁：『2013年度模倣被害調査報告書』（2014年3月）
- 2) ARC Advisory Group：『Anti-Counterfeiting and Brand Protection』（2010）
- 3) ジェトロ上海センター知識産権部：『中国における偽造防止技術に関する実態調査報告書』（2010年3月）
- 4) 社団法人 日本自動認識システム協会：『よくわかるバーコード・二次元シンボル』（オーム社、2010）
- 5) 平本 純也：『知っておきたいバーコードの知識』（日本工業出版、2011）
- 6) 新井 武二：『絵とき「レーザ加工」基礎のきそ (Mechanical engineering series)』（日刊工業出版、2007）
- 7) 瀬渡 直樹：『よくわかるレーザ加工 (現場の即戦力)』（技術評論社、2012）
- 8) 高木 幹雄 下田 陽久：『新編 画像解析ハンドブック』（東京大学出版会、2004）
- 9) Richard Szeliski：『コンピュータビジョン —アルゴリズムと応用—』（共立出版、2013）
- 10) 笠松直史：「レーザービームの品質って何？ M^2 の定義」、光学、Vol.29、No.11、pp.708-709（2000）
- 11) 笠松直史：「レーザービームの品質って何？ M^2 の測定と評価」、光学、Vol.29、No.12、pp.768-769（2000）