

テンプレートマッチングを用いた 微細な2次元コードの識別

Recognition of Minute Two-dimensional Codes Utilizing Template Matching

関 陽^{*}、平越 裕之^{*}、上田 義朗[†]

Yang Guan, Hiroyuki Hirakoshi, Yoshiaki Ueda

テンプレートマッチングなどの画像処理の手法を使って、デジタル顕微鏡で撮影した微小な2次元コードの識別を行った。テンプレートセットを使った実験によって有効な類似度尺度を明らかにし、コード識別手順を組み立て、異なるサイズのサンプルコードに適用しても良好な結果を得た。

キーワード：2次元コード、テンプレートマッチング、類似度尺度、識別、検出

I. はじめに

近年、製造企業の多くは自社製品の模倣品に悩まされている¹⁻³⁾。その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する方法がよく用いられているが、偽造防止ラベル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ず、また金属などの材質に直接刻印することが難しい。そこで我々は金属などにレーザー加工^{4,5)}で直接刻印できる微小な新2次元コードを考案し、レーザー刻印と読み取り撮影の実験を行った⁶⁾。本稿では、テンプレートマッチングなどの画像処理の手法を使って、撮影した微小な2次元コードの識別を行う。

II. 2次元コードの識別とテンプレートマッチング

1. 2次元コードとその識別

新2次元コードは、レーザー刻印などの技術を用いて1mm×1mmや2mm×2mm程度の微小領域に表現できるように、“田”の字を構成する各直線分の組み合わせでコード要素パターンを構成する。計63種類あるコード要素パターンを2×2、3×3、4×4、5×5などの形に複数配置することによって全体のコードを構成し、位置決めマークと枠線を補助的に追加してレーザー刻印する⁶⁾。

^{*}流通科学大学経済学部、〒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

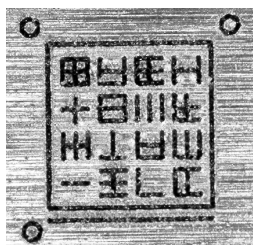
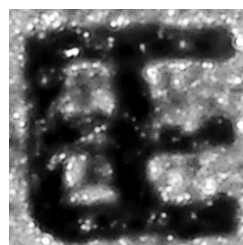


図 1. 刻印したコードの撮影例



(a) コード要素パターン



(b) 刻印の拡大図

図 2. コード要素パターンと刻印

図 1 にレーザー刻印したコードをデジタル顕微鏡で撮影した例を示す。図 2(b)は図 1 の一部分を拡大表示したものであり、図 2(a)のコード要素パターンが刻印され撮影されたときの様子を示す。図 2(b)が示すように、微小領域へのレーザー刻印によって、直線状の要素パターンがかなりの幅を持つブロック状の領域として刻印・撮影される。また、レーザー加工の条件の違いによって刻印される模様の色・幅・深さが異なり、撮影時の照明の環境によって金属による光の反射や影が撮影画像の画質や輝度に影響する。刻印領域が小さければ小さいほど、金属模様やキズの影響も大きくなる⁶⁾。

2次元コードを読み取るということは、撮影画像の上下傾きを認識し、複数のコード要素パターンを検出して識別することである。

一般的に、画像から対象物を検出・識別するアプローチとして、図形の幾何学的なモデルを利用する方法、画像中の局所特徴点を利用する方法、そして対象物の画像をそのまま使う方法などがある^{7,8)}。幾何学的なモデルを利用する方法はハフ変換に代表されるように、画像空間をパラメータ空間に変換し、パラメータ空間内での投票・探索によって対象物を検出する方法であり、対象物をパラメータで表現できる必要がある。一方、画像中の局所特徴点を利用する方法は SIFT (Scale-Invariant Feature Transform) や SURF (Speeded Up Robust Features) などの局所特徴量を使って検出・識別を行うが、対象画像にある程度の豊富なテクスチャ構造が存在することが必要である。対象物の画像をそのまま使う方法の代表的なものはテンプレートマッチングであり、計算量が多いが実装しやすい特徴がある。

本稿ではテンプレートマッチングを使って 2次元コードの識別を行う。

2. テンプレートマッチング

テンプレートマッチングは、画素同士の計算によって、入力画像 I から、テンプレート画像 T と類似する部分を検出するための手法である。図 3 に示すように、テンプレート T を I の上ですらしながら、重なった領域の類似度（もしくは相違度） R を計算し、類似度マップ（相違度マップ）を作成する。そして類似度マップ（相違度マップ）から最大値（もしくは最小値）を探索し、

その位置をテンプレート画像と最も類似する部分とする方法である。

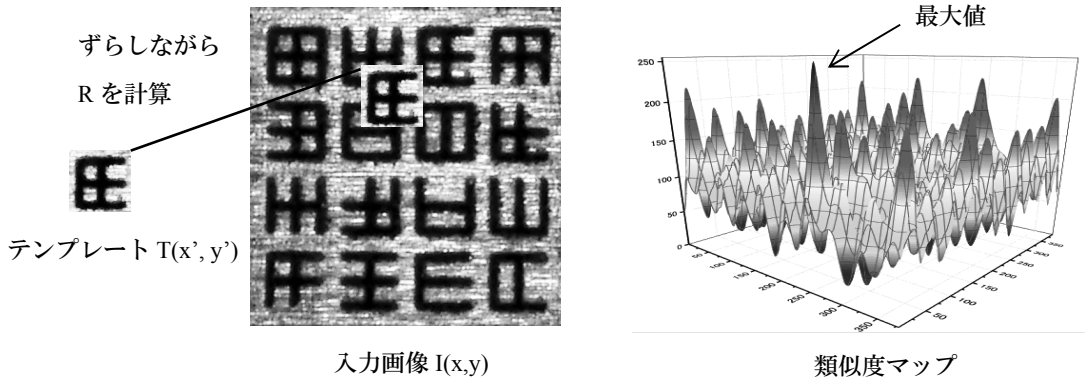


図 3. テンプレートマッチング

本稿では、類似度（相違度）尺度として、よく使われる次の3つの類似度（相違度）⁹⁾を使用し、テンプレートマッチングの実験を行った。それぞれの類似度尺度の概要と特徴を以下にまとめる。

1) 正規化相互相関（NCC、Normalized Cross-Correction）

テンプレートと入力画像の類似度が次式

$$R(x, y) = \frac{\sum_{x', y'} (T(x', y') \cdot I(x + x', y + y'))}{\sqrt{\sum_{x', y'} T(x', y')^2 \cdot \sum_{x', y'} I(x + x', y + y')^2}}$$

のように画素の輝度の正規化総合相関で計算され、完全一致は値1となり、不一致は小さい値あるいは0となる。

2) 正規化相関係数（ZNCC、Zero-mean Normalized Cross-Correlation）

テンプレートと入力画像の類似度が次式

$$R(x, y) = \frac{\sum_{x', y'} (T'(x', y') \cdot I'(x + x', y + y'))}{\sqrt{\sum_{x', y'} T'(x', y')^2 \cdot \sum_{x', y'} I'(x + x', y + y')^2}}$$

のように計算され、ここで T' , I' は、それぞれ次式

$$T'(x', y') = T(x', y') - \frac{1}{(w \cdot h)} \cdot \sum_{x'', y''} T(x'', y'')$$

$$I'(x + x', y + y') = I(x + x', y + y') - \frac{1}{(w \cdot h)} \cdot \sum_{x'', y''} I(x + x'', y + y'')$$

のようにそれぞれテンプレート領域の平均値を引いた値である。すなわち、平均値に比例したテンプレートを使って、平均値に比例した入力画像に対する正規化総合相関を計算している。NCC は画像の明るさの変動に伴ってふらつく傾向があるが、ZNCC が明るさの変動にある程度安定的であると言われている。完全一致は 1 であり、完全不一致は -1 である。

3) 正規化差の 2 乗和 (RSSD, Normalized Sum of Squared Difference)

テンプレートと入力画像の類似度が次式

$$R(x, y) = \frac{\sum_{x', y'} (T(x', y') - I(x + x', y + y'))^2}{\sqrt{\sum_{x', y'} T(x', y')^2 \cdot \sum_{x', y'} I(x + x', y + y')^2}}$$

のように、各対応画素の輝度の差の 2 乗和で計算される。NCC や ZNCC とは逆に、完全一致は 0 であり、不一致は大きい値あるいは 1 となる。

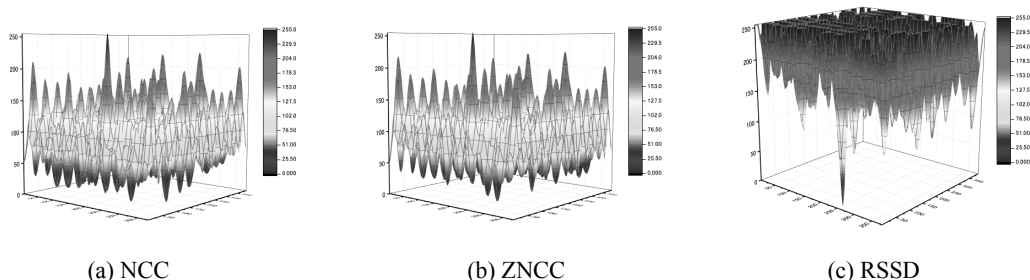


図 4. 各類似度尺度の類似度 (相違度) マップ
(それぞれ 0~255 の範囲にスケーリングして表示)

図 4 に、図 3 にあるテンプレートと入力画像に対するそれぞれの類似度尺度の類似度 (相違度) マップを示す。

3. 類似度尺度に関する実験

本稿では、刻印と撮影の結果が比較的に良好な画像からコード要素パターンを抜き出し、図 5 に示すような 63 種類のテンプレートからなるテンプレートセットを作成した。そして、図 6 に示すような、4 枚の画像にすべてのコード要素パターンが刻印されている実験画像セット 2 種類 (実験画像セット 1 と実験画像セット 2) を使用し、類似度尺度に関する実験を行った。

実験画像セット 1 は、テンプレート抜き出し用の画像の輝度を調節したものであり、画像上にあるコード要素パターンはそれぞれのテンプレートとは輝度が異なるものの、形状がほぼ同じである。一方、実験画像セット 2 はテンプレート抜き出し用の画像とは異なるレーザー加工条件の下で刻印したものであり、画像上にあるコード要素パターンは形状、明るさ等においてテンプレートとは異なるものである。

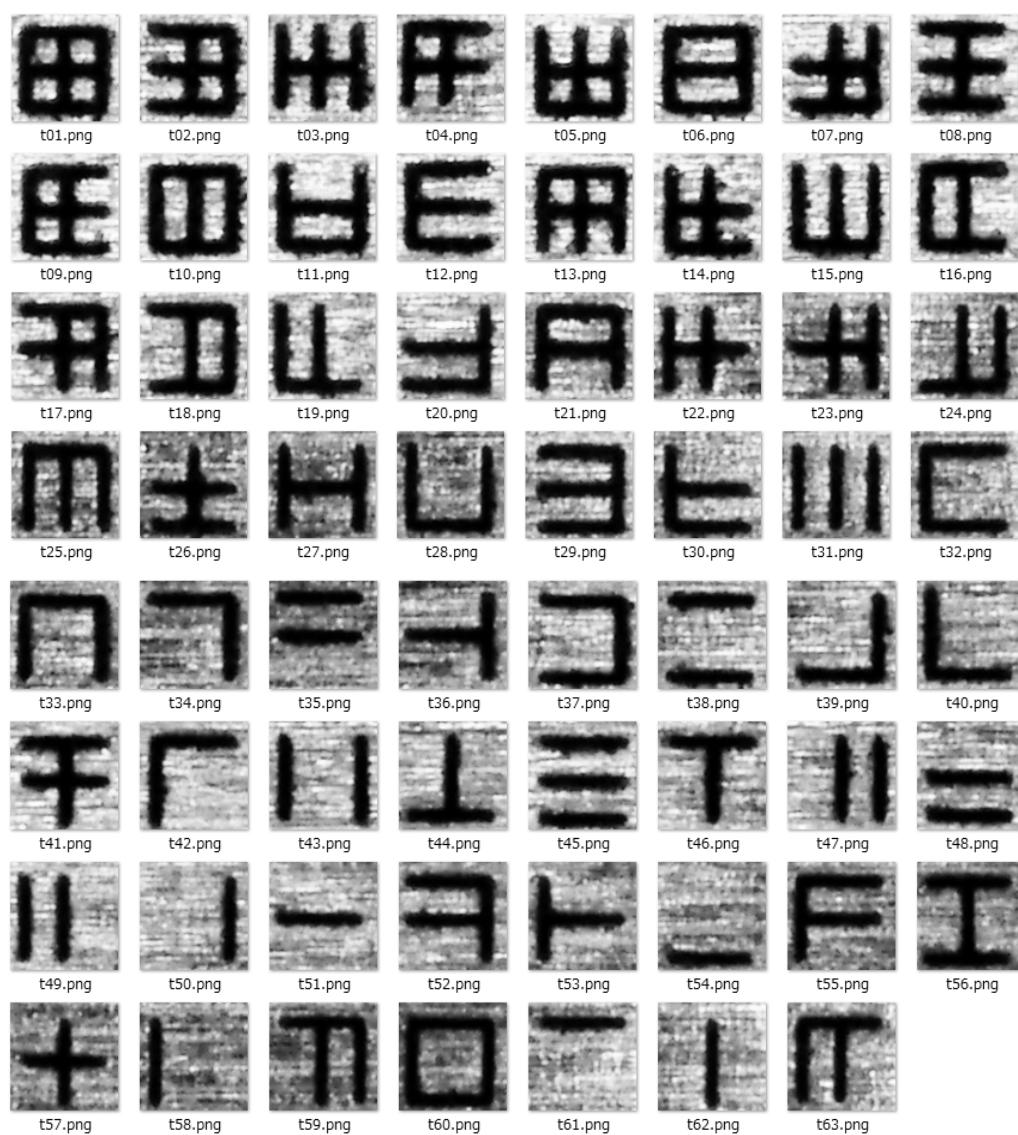


図 5. テンプレートセット

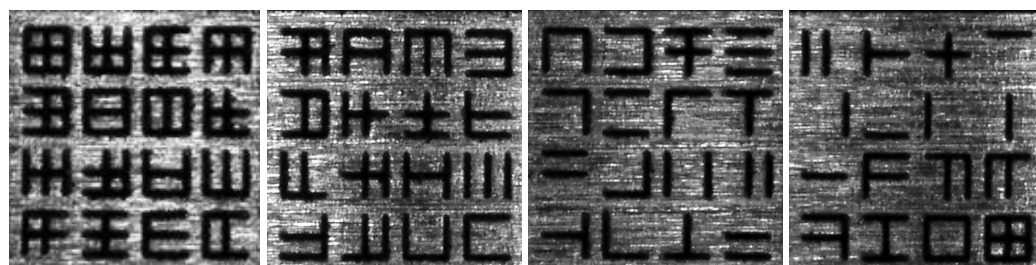


図 6. 実験画像セット

各実験画像セットの各画像をそのまま入力画像として各テンプレートとテンプレートマッチングを行い、テンプレートに対応するコード要素パターンが入力画像に存在する場合にそれを正しく検出できるかどうかを実験した。それぞれの類似度尺度を使用したときの実験の結果を表1にまとめる。また、正しく検出した時の様子を図7(a)に示す。

表1. 各類似度尺度に対する実験結果

類似度尺度	実験画像セット1		実験画像セット2	
	検出数	誤検出数	検出数	誤検出数
NCC	63	0	61	2
ZNCC	63	0	62	1
RSSD	44	19	21	42

表1が示すように、RSSDは輝度変化が生じると約3割もの誤検出が発生し、輝度と形状が両方変化すると誤検出は約7割に上昇し、有効な類似度尺度として使えない。一方、ZNCCとNCCは輝度変化に非常に強い特性を示すとともに、輝度と形状が両方変化する場合でもかなり良い検出率を維持できた。

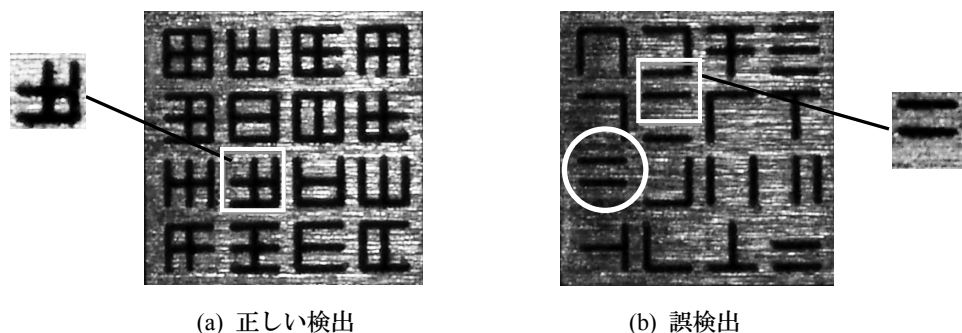


図7. 正しい検出と誤検出

ZNCCとNCCを使用する時に、実験画像セット2で生じた誤検出の様子を図7(b)に示す。図7(b)において○で囲まれた箇所は検出されるべきコード要素パターンであるが、□で囲まれた箇所において隣り合うコード要素パターンのそれぞれの一部分が恰も一つのコード要素パターンの形を成すようになっているため、誤検出が発生した。このことから、2次元コードの識別率を高めるために、位置情報を使ってコード要素パターンを分ける必要があることが確認できた。

なお、カラーとグレースケールの両方を使って実験をした結果、総じてグレースケールのほうが良い結果となった。

Ⅲ. テンプレートマッチングを用いた 2 次元コードの識別

1. 識別の手順

本稿では、前節の結果を踏まえて、以下の手順で 2 次元コードの識別を行った。

Step 1: 位置決めマーク及びコード配置の寸法比例に基づき、入力画像にあるコード要素パターンの存在可能領域を切り出す。

Step 2: 切り出されたコード要素存在可能領域を入力画像とし、テンプレートセットにあるすべてのテンプレートのそれぞれとテンプレートマッチングを行い、類似度を計算する。最大類似度を求める。

Step 3: 最大類似度があるしきい値より大きければ、コードパターンが検出されたとし、対応するテンプレートとして識別する。

Step 4: すべてのコード要素存在可能領域に対して Step 2 と 3 を繰り返す。

2. テンプレートセットに対する実験

本稿では、テンプレートセット A~D の 4 種類のテンプレートセットを作成し、前記実験画像セット 1 と実験画像セット 2 を使って ZNCC と NCC の 2 種類の類似度尺度に対して上記 1 の識別手順で 2 次元コードの識別実験を行った。テンプレートセット A~D の概要を以下に示す。

テンプレートセット A: テンプレート作成画像 A から直接作成したテンプレートセット。

テンプレートセット B: 上記画像 A を 10×10 のガウスフィルタで平滑化した画像から作成したテンプレートセット。

テンプレートセット C: 上記画像 A を色調補正で明暗がくっきりとなるように調節した画像 C から作成したテンプレートセット。

テンプレートセット D: 上記画像 C を 10×10 のガウスフィルタで平滑化した画像から作成したテンプレートセット。

実験は、コード識別の安定性を評価するため、上記 Step2 における最大類似度とともに次席類似度も記録し、比較を行った。実験結果のまとめを表 2 に示す。表 2 において、「最一次」は最大類似度と次席類似度との差であり、「比率」は「最一次」が最大類似度に対する比率である。表 2 は実験データの中の最大値、平均値及び最小値のみを示しており、詳しいデータについては付録の付表 1~4 を参照されたい。なお、輝度変化のみの実験画像セット 1 に関しては、類似度尺度として ZNCC と NCC のどちらを使った場合でも 63 種類の識別がすべて正しく行われた。輝度・形状等がともに変化した実験画像セット 2 に関しては、類似度尺度として ZNCC を使った場合は 62 種類の識別が正しく行われ、暗い金属模様に由来する誤認識が 1 つだけあり（付表 2 の白抜きの

35 番)、NCC を使った場合は同暗い金属模様由来する誤認識(付表 4 の白抜き 35 番)以外に、テンプレートセット A の時にさらに誤認識が 1 つあった(付表 4 の白抜き 6 番)。

表 2. 各テンプレートセットに対する実験結果

			テンプレートセットA				テンプレートセットB				テンプレートセットC				テンプレートセットD			
			最大	次席	最-次	比率	最大	次席	最-次	比率	最大	次席	最-次	比率	最大	次席	最-次	比率
ZNCC	実験画像 セット1	最大	1.00	0.75	0.55	55.0%	0.96	0.79	0.40	44.7%	1.00	0.78	0.51	51.9%	0.96	0.80	0.38	43.3%
		平均	1.00	0.64	0.36	35.6%	0.93	0.69	0.24	26.3%	0.97	0.68	0.29	29.7%	0.92	0.71	0.21	23.1%
		最小	1.00	0.45	0.25	24.6%	0.89	0.49	0.15	16.3%	0.93	0.47	0.17	18.0%	0.85	0.50	0.12	12.9%
	実験画像 セット2	最大	0.81	0.74	0.15	22.3%	0.85	0.76	0.19	30.2%	0.83	0.74	0.18	27.8%	0.85	0.74	0.21	31.2%
		平均	0.70	0.62	0.08	11.7%	0.75	0.66	0.09	12.6%	0.74	0.65	0.09	12.1%	0.77	0.67	0.10	12.5%
		最小	0.45	0.42	0.00	0.3%	0.51	0.44	0.02	2.2%	0.48	0.44	0.01	2.4%	0.53	0.46	0.03	3.8%
NCC	実験画像 セット1	最大	1.00	0.92	0.12	12.2%	0.99	0.94	0.08	7.8%	1.00	0.93	0.09	9.5%	0.99	0.95	0.07	6.8%
		平均	1.00	0.90	0.10	9.7%	0.98	0.92	0.06	5.9%	0.99	0.91	0.08	7.7%	0.98	0.93	0.05	5.1%
		最小	1.00	0.88	0.08	7.8%	0.97	0.90	0.04	4.2%	0.98	0.89	0.06	6.1%	0.96	0.90	0.03	3.6%
	実験画像 セット2	最大	0.94	0.92	0.06	5.9%	0.96	0.94	0.05	5.2%	0.83	0.74	0.05	5.8%	0.85	0.74	0.05	4.8%
		平均	0.92	0.89	0.03	2.7%	0.94	0.91	0.03	2.7%	0.93	0.91	0.03	3.0%	0.94	0.92	0.03	2.8%
		最小	0.89	0.87	0.00	0.1%	0.92	0.89	0.01	0.7%	0.91	0.88	0.00	0.5%	0.93	0.90	0.01	1.2%

正しい識別が行われた場合、最大類似度と次席類似度との差(及び差が最大類似度に対する比率)が高ければ高いほど誤識別の可能性が低く、コード識別の安定性が高い。表 2 が示すように、類似度尺度として NCC よりも ZNCC を使った時のコード識別の安定性がより高い。また、ZNCC を使った場合、輝度変化のみの画像に対しては各テンプレートセットがともに 20%以上の比率を有し、輝度変化に対しては識別の安定性がそれなりに高いと言える。一方、形状・輝度がともに変化する画像に対しては、各テンプレートセットは平均比率が 10%程度、最小比率が 1%未満ないし 2~3%程度しかなく、識別の安定性がかなり低いと言わざるを得ない。その中で、直接作成したテンプレートセット A (最小比率 0.3%) よりも、平滑化や明暗調整したセット B、C、D (最小比率 2~3%程度) のほうが少しだけより望ましい結果が得られる傾向にあると言える。いずれにしても、識別の安定性を高める工夫が必要であると思われる、これを今後の課題と考えている。

3. 異なるサイズのサンプルに対する識別

異なるサイズで刻印したサンプルコードに対して、類似度尺度として ZNCC を使用し、テンプレートセット C を使用した時の識別結果を表 3 に示す。なお、表 3 におけるサイズは、刻印したコードの丸い位置決めマーク間の距離を指しており、レイアウトされたコード要素パターンはそれよりもさらに小さい。

表 3. 異なるサイズのサンプルに対する識別結果

サイズ	識別結果
5mm	すべて成功
4mm	すべて成功
3mm	すべて成功
2mm	すべて成功
1mm	12個成功4個失敗

表3が示すように、ほぼ原形通りに刻印・撮影することができる2mmサイズまでのサンプルコードに対して、すべての識別が成功した。図8に2mmサイズの場合のサンプルコードと識別結果を示す。図8(a)はサンプルコードであり、図8(b)は識別した位置に識別したテンプレートを貼り合わせた識別結果である。金属の模様等である程度傷づいたサンプルコードに対しても正しく識別がなされていることが分かる。

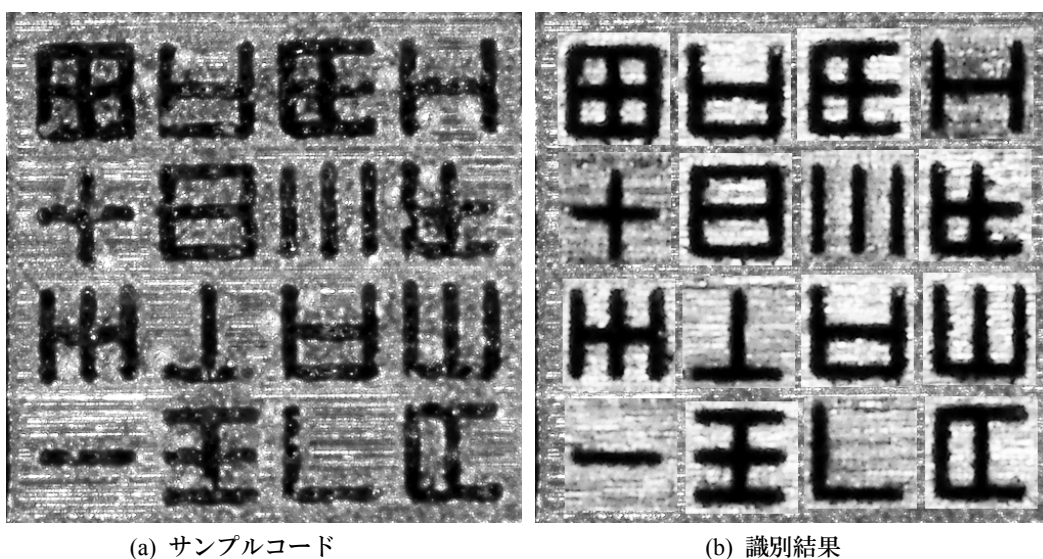


図8. 2mmサイズのサンプルコードと識別結果

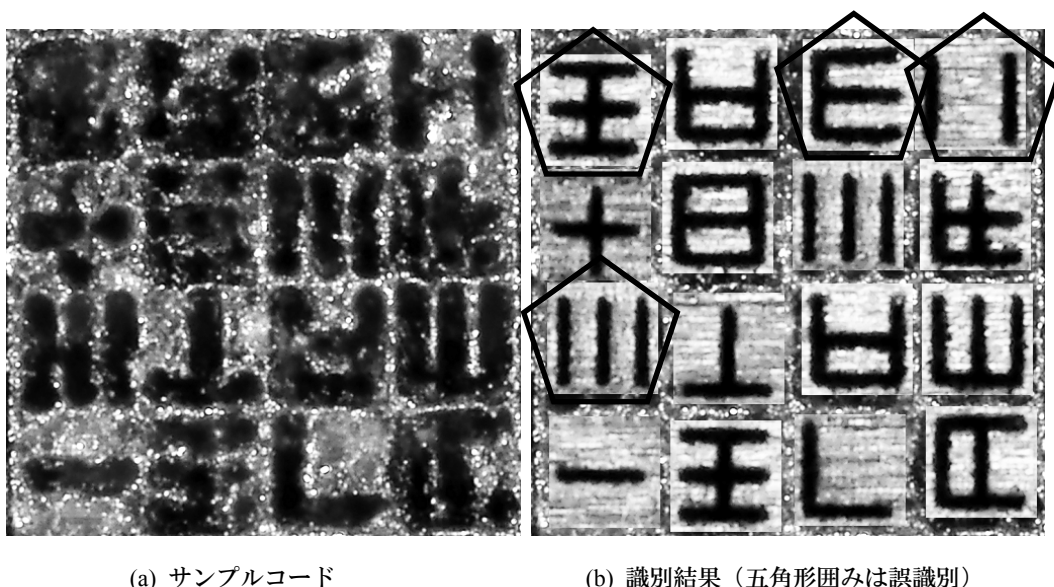


図9. 1mmサイズのサンプルコードと識別結果

同様に図9に1mmサイズの場合のサンプルコードと識別結果を示す。図9(b)において、五角形で囲んでいる4つのコードパターンは誤識別であり、それ以外の12個のコードパターンが正しく識別されている。図9(a)が示すように、画像の中のコードパターンの大部分は人間が目視しても判別しがたいものであり、特に左上の3つは人間でも判別できないほど形が崩れている。このような対象に対して、12個ものコードパターンが正しく識別されたことは、かなりよい結果と言える。

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、その実用化を目指している。本稿では、テンプレートマッチングなどの画像処理の手法を使って、ディジタル顕微鏡で撮影した微小な2次元コードの識別を行った。テンプレートセットを使った実験によって有効な類似度尺度を明らかにし、コード識別手順を組み立て、識別安定性について検討した。異なるサイズのサンプルコードに適用した結果、コードサンプルがほぼ原形通りに刻印・撮影することができ2mm程度のサイズまでに、コード識別が正しく行われた。テンプレートの工夫や複数の手法を併用するなど、コード識別の安定性を高めること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) 新井 武二：『絵とき「レーザー加工」基礎のきそ (Mechanical engineering series)』（日刊工業出版、2007）
- 5) 瀬渡 直樹：『よくわかるレーザー加工 (現場の即戦力)』（技術評論社、2012）
- 6) 関陽、平越裕之、上田義朗：「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」、流通科学大学論集－経済・情報・政策編、Vol.23、No.2、pp.131－140（2015年1月）
- 7) 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）
- 8) 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）
- 9) Gary Bradski, Adrian Kaehler：『詳解 OpenCV コンピュータビジョンライブラリを使った画像処理・認識』（オライリージャパン、2009）

付表1. ZNCC・実験画像セット1の実験結果（詳細）

番号	テンプレートセットA				テンプレートセットB				テンプレートセットC				テンプレートセットD			
	最大	次席	最一次	比率	最大	次席	最一次	比率	最大	次席	最一次	比率	最大	次席	最一次	比率
1	1.000	0.746	0.254	25.4%	0.956	0.789	0.167	17.4%	0.965	0.772	0.193	20.0%	0.940	0.789	0.151	16.1%
2	1.000	0.748	0.252	25.2%	0.943	0.783	0.160	17.0%	0.968	0.778	0.190	19.6%	0.926	0.796	0.130	14.0%
3	1.000	0.680	0.320	32.0%	0.946	0.737	0.210	22.2%	0.970	0.729	0.240	24.8%	0.930	0.756	0.173	18.6%
4	1.000	0.635	0.365	36.5%	0.934	0.684	0.250	26.8%	0.960	0.710	0.251	26.1%	0.910	0.727	0.183	20.1%
5	1.000	0.707	0.293	29.3%	0.948	0.767	0.181	19.1%	0.947	0.741	0.206	21.7%	0.926	0.780	0.146	15.8%
6	1.000	0.722	0.278	27.8%	0.941	0.755	0.186	19.8%	0.958	0.747	0.211	22.0%	0.918	0.761	0.158	17.2%
7	1.000	0.705	0.295	29.5%	0.932	0.741	0.191	20.5%	0.944	0.720	0.224	23.8%	0.908	0.750	0.158	17.4%
8	1.000	0.719	0.281	28.1%	0.955	0.763	0.192	20.1%	0.955	0.756	0.199	20.8%	0.932	0.783	0.148	15.9%
9	1.000	0.750	0.250	25.0%	0.947	0.789	0.158	16.7%	0.947	0.776	0.170	18.0%	0.919	0.790	0.129	14.1%
10	1.000	0.720	0.280	28.0%	0.948	0.754	0.194	20.5%	0.959	0.738	0.221	23.0%	0.928	0.756	0.172	18.5%
11	1.000	0.708	0.292	29.2%	0.950	0.759	0.191	20.1%	0.946	0.735	0.211	22.3%	0.926	0.766	0.160	17.3%
12	1.000	0.754	0.246	24.6%	0.943	0.789	0.154	16.3%	0.944	0.774	0.170	18.0%	0.913	0.795	0.118	12.9%
13	1.000	0.734	0.266	26.6%	0.940	0.767	0.174	18.5%	0.952	0.762	0.190	19.9%	0.921	0.780	0.140	15.2%
14	1.000	0.707	0.293	29.3%	0.939	0.750	0.189	20.1%	0.945	0.727	0.218	23.0%	0.909	0.758	0.151	16.6%
15	1.000	0.716	0.284	28.4%	0.937	0.773	0.164	17.5%	0.945	0.738	0.206	21.8%	0.910	0.773	0.137	15.0%
16	1.000	0.665	0.335	33.5%	0.948	0.721	0.227	24.0%	0.949	0.685	0.265	27.9%	0.924	0.725	0.199	21.6%
17	1.000	0.695	0.305	30.5%	0.944	0.753	0.191	20.3%	0.970	0.735	0.235	24.3%	0.929	0.767	0.162	17.4%
18	1.000	0.705	0.295	29.5%	0.946	0.759	0.187	19.8%	0.975	0.755	0.219	22.5%	0.934	0.782	0.152	16.2%
19	1.000	0.643	0.357	35.7%	0.936	0.693	0.243	26.0%	0.965	0.692	0.272	28.2%	0.912	0.716	0.196	21.5%
20	1.000	0.694	0.306	30.6%	0.932	0.739	0.193	20.7%	0.960	0.720	0.240	25.0%	0.912	0.740	0.172	18.8%
21	1.000	0.688	0.312	31.2%	0.939	0.736	0.203	21.6%	0.980	0.732	0.249	25.4%	0.926	0.752	0.174	18.8%
22	1.000	0.644	0.356	35.6%	0.919	0.692	0.226	24.6%	0.973	0.681	0.292	30.0%	0.902	0.709	0.193	21.4%
23	1.000	0.638	0.362	36.2%	0.933	0.685	0.248	26.6%	0.989	0.693	0.295	29.9%	0.926	0.712	0.214	23.1%
24	1.000	0.617	0.383	38.3%	0.924	0.677	0.247	26.8%	0.976	0.674	0.302	30.9%	0.911	0.690	0.221	24.3%
25	1.000	0.696	0.304	30.4%	0.932	0.732	0.200	21.5%	0.989	0.733	0.256	25.9%	0.927	0.758	0.169	18.2%
26	1.000	0.642	0.358	35.8%	0.925	0.694	0.231	24.9%	0.991	0.709	0.282	28.4%	0.919	0.735	0.184	20.0%
27	1.000	0.658	0.342	34.2%	0.941	0.688	0.253	26.9%	0.995	0.721	0.274	27.5%	0.938	0.731	0.207	22.1%
28	1.000	0.639	0.361	36.1%	0.922	0.651	0.271	29.4%	0.993	0.680	0.313	31.5%	0.916	0.683	0.233	25.5%
29	1.000	0.707	0.293	29.3%	0.949	0.760	0.189	20.0%	0.987	0.770	0.217	22.0%	0.943	0.790	0.153	16.2%
30	1.000	0.636	0.364	36.4%	0.941	0.678	0.262	27.9%	0.985	0.704	0.281	28.5%	0.933	0.717	0.216	23.2%
31	1.000	0.716	0.284	28.4%	0.946	0.769	0.177	18.7%	0.987	0.773	0.214	21.7%	0.939	0.782	0.157	16.7%
32	1.000	0.681	0.319	31.9%	0.939	0.723	0.217	23.1%	0.990	0.723	0.266	26.9%	0.934	0.736	0.198	21.2%
33	1.000	0.662	0.338	33.8%	0.940	0.690	0.250	26.6%	0.978	0.673	0.305	31.2%	0.925	0.696	0.229	24.8%
34	1.000	0.624	0.376	37.6%	0.934	0.675	0.259	27.8%	0.987	0.654	0.334	33.8%	0.925	0.687	0.238	25.7%
35	1.000	0.634	0.366	36.6%	0.939	0.675	0.264	28.1%	0.994	0.675	0.319	32.1%	0.936	0.693	0.243	25.9%
36	1.000	0.554	0.446	44.6%	0.936	0.587	0.349	37.3%	0.987	0.600	0.387	39.2%	0.928	0.616	0.312	33.6%
37	1.000	0.624	0.376	37.6%	0.940	0.656	0.284	30.3%	0.974	0.668	0.306	31.4%	0.926	0.680	0.246	26.6%
38	1.000	0.646	0.354	35.4%	0.918	0.697	0.221	24.1%	0.963	0.669	0.295	30.6%	0.895	0.706	0.189	21.1%
39	1.000	0.552	0.448	44.8%	0.914	0.622	0.291	31.9%	0.960	0.568	0.391	40.8%	0.887	0.627	0.260	29.3%
40	1.000	0.602	0.398	39.8%	0.923	0.657	0.266	28.8%	0.972	0.642	0.330	34.0%	0.907	0.669	0.238	26.2%
41	1.000	0.639	0.361	36.1%	0.935	0.692	0.243	26.0%	0.949	0.692	0.257	27.1%	0.910	0.724	0.186	20.5%
42	1.000	0.629	0.371	37.1%	0.948	0.678	0.270	28.5%	0.975	0.647	0.329	33.7%	0.932	0.684	0.249	26.7%
43	1.000	0.601	0.399	39.9%	0.916	0.647	0.269	29.4%	0.946	0.637	0.310	32.7%	0.882	0.666	0.216	24.5%
44	1.000	0.601	0.399	39.9%	0.919	0.609	0.310	33.7%	0.947	0.614	0.333	35.2%	0.883	0.619	0.263	29.8%
45	1.000	0.681	0.319	31.9%	0.944	0.712	0.233	24.6%	0.963	0.707	0.257	26.6%	0.923	0.729	0.195	21.1%
46	1.000	0.608	0.392	39.2%	0.940	0.670	0.270	28.7%	0.972	0.662	0.310	31.9%	0.923	0.691	0.232	25.1%
47	1.000	0.634	0.366	36.6%	0.930	0.695	0.235	25.3%	0.955	0.657	0.298	31.2%	0.901	0.708	0.193	21.4%
48	1.000	0.575	0.425	42.5%	0.914	0.607	0.307	33.6%	0.964	0.627	0.337	35.0%	0.890	0.639	0.251	28.2%
49	1.000	0.641	0.359	35.9%	0.932	0.692	0.240	25.7%	0.966	0.695	0.272	28.1%	0.912	0.719	0.194	21.2%
50	1.000	0.498	0.502	50.2%	0.889	0.558	0.330	37.2%	0.949	0.557	0.392	41.3%	0.852	0.589	0.263	30.9%
51	1.000	0.519	0.481	48.1%	0.902	0.566	0.336	37.3%	0.963	0.549	0.414	43.0%	0.874	0.582	0.292	33.4%
52	1.000	0.635	0.365	36.5%	0.947	0.679	0.269	28.4%	0.979	0.657	0.322	32.9%	0.934	0.692	0.242	25.9%
53	1.000	0.580	0.420	42.0%	0.946	0.626	0.320	33.8%	0.982	0.607	0.376	38.2%	0.934	0.642	0.292	31.3%
54	1.000	0.464	0.536	53.6%	0.903	0.502	0.401	44.4%	0.976	0.492	0.484	49.6%	0.885	0.510	0.375	42.3%
55	1.000	0.673	0.327	32.7%	0.947	0.717	0.231	24.3%	0.993	0.713	0.280	28.2%	0.941	0.737	0.204	21.7%
56	1.000	0.668	0.332	33.2%	0.964	0.707	0.257	26.7%	0.996	0.729	0.268	26.9%	0.962	0.744	0.219	22.7%
57	1.000	0.554	0.446	44.6%	0.934	0.614	0.320	34.3%	0.994	0.615	0.379	38.1%	0.929	0.635	0.294	31.6%
58	1.000	0.450	0.550	55.0%	0.889	0.492	0.397	44.7%	0.986	0.474	0.512	51.9%	0.876	0.497	0.379	43.3%
59	1.000	0.655	0.345	34.5%	0.941	0.702	0.239	25.4%	0.997	0.674	0.323	32.4%	0.939	0.710	0.228	24.3%
60	1.000	0.678	0.322	32.2%	0.960	0.713	0.247	25.7%	0.997	0.706	0.291	29.2%	0.958	0.725	0.232	24.3%
61	1.000	0.499	0.501	50.1%	0.905	0.576	0.329	36.4%	0.944	0.525	0.419	44.4%	0.865	0.568	0.298	34.4%
62	1.000	0.471	0.529	52.9%	0.897	0.529	0.368	41.0%	0.933	0.482	0.451	48.3%	0.847	0.531	0.316	37.3%
63	1.000	0.623	0.377	37.7%	0.933	0.651	0.282	30.3%	0.972	0.659	0.312	32.1%	0.919	0.672	0.246	26.8%
最大	1.00	0.75	0.55	55.0%	0.96	0.79	0.40	44.7%	1.00	0.78	0.51	51.9%	0.96	0.80	0.38	43.3%
平均	1.00	0.64	0.36	35.6%	0.93	0.69	0.24	26.3%	0.97	0.68	0.29	29.7%	0.92	0.71	0.21	23.1%
最小	1.00	0.45	0.25	24.6%	0.89	0.49	0.15	16.3%	0.93	0.47	0.17	18.0%	0.85	0.50	0.12	12.9%

付表 2. ZNCC・実験画像セット2の実験結果（詳細）

番号	テンプレートセットA				テンプレートセットB				テンプレートセットC				テンプレートセットD			
	最大	次席	最-次	比率	最大	次席	最-次	比率	最大	次席	最-次	比率	最大	次席	最-次	比率
1	0.813	0.713	0.100	12.3%	0.846	0.741	0.105	12.4%	0.853	0.766	0.087	10.2%	0.867	0.764	0.103	11.9%
2	0.744	0.701	0.044	5.9%	0.772	0.708	0.064	8.3%	0.797	0.732	0.065	8.2%	0.799	0.719	0.080	10.1%
3	0.752	0.673	0.079	10.5%	0.787	0.716	0.072	9.1%	0.796	0.699	0.097	12.2%	0.808	0.719	0.090	11.1%
4	0.681	0.608	0.073	10.7%	0.771	0.648	0.123	15.9%	0.737	0.686	0.051	6.9%	0.786	0.695	0.091	11.5%
5	0.750	0.690	0.060	8.0%	0.775	0.720	0.055	7.1%	0.817	0.736	0.082	10.0%	0.814	0.741	0.072	8.9%
6	0.761	0.741	0.020	2.6%	0.801	0.760	0.040	5.0%	0.819	0.749	0.070	8.5%	0.832	0.760	0.071	8.5%
7	0.756	0.694	0.062	8.2%	0.802	0.725	0.077	9.6%	0.827	0.747	0.080	9.6%	0.829	0.758	0.071	8.6%
8	0.744	0.705	0.039	5.2%	0.777	0.742	0.035	4.4%	0.801	0.745	0.056	7.0%	0.811	0.758	0.053	6.5%
9	0.808	0.716	0.092	11.4%	0.815	0.747	0.068	8.4%	0.847	0.751	0.096	11.4%	0.840	0.755	0.085	10.1%
10	0.774	0.708	0.066	8.5%	0.813	0.725	0.087	10.8%	0.831	0.751	0.080	9.6%	0.839	0.751	0.089	10.6%
11	0.785	0.677	0.108	13.7%	0.821	0.714	0.107	13.0%	0.836	0.689	0.147	17.6%	0.851	0.720	0.131	15.4%
12	0.713	0.651	0.062	8.7%	0.766	0.687	0.079	10.3%	0.784	0.696	0.089	11.3%	0.806	0.707	0.100	12.4%
13	0.788	0.695	0.094	11.9%	0.814	0.721	0.093	11.5%	0.830	0.752	0.078	9.4%	0.834	0.751	0.083	9.9%
14	0.700	0.698	0.002	0.3%	0.765	0.732	0.033	4.3%	0.777	0.754	0.023	3.0%	0.797	0.765	0.032	4.0%
15	0.769	0.724	0.045	5.8%	0.835	0.760	0.075	9.0%	0.829	0.779	0.050	6.1%	0.854	0.785	0.068	8.0%
16	0.766	0.647	0.119	15.6%	0.822	0.657	0.165	20.1%	0.814	0.664	0.150	18.5%	0.833	0.682	0.151	18.1%
17	0.764	0.641	0.123	16.1%	0.810	0.679	0.131	16.1%	0.810	0.695	0.114	14.1%	0.830	0.708	0.122	14.6%
18	0.750	0.621	0.128	17.1%	0.789	0.667	0.121	15.4%	0.783	0.664	0.119	15.2%	0.802	0.679	0.123	15.3%
19	0.740	0.622	0.118	15.9%	0.799	0.671	0.129	16.1%	0.796	0.673	0.123	15.4%	0.820	0.698	0.122	14.9%
20	0.730	0.640	0.090	12.3%	0.799	0.682	0.117	14.6%	0.781	0.681	0.100	12.8%	0.819	0.703	0.117	14.3%
21	0.714	0.617	0.097	13.6%	0.753	0.655	0.098	13.1%	0.757	0.639	0.118	15.6%	0.768	0.661	0.106	13.8%
22	0.699	0.606	0.093	13.3%	0.758	0.647	0.111	14.7%	0.753	0.657	0.096	12.8%	0.783	0.676	0.107	13.7%
23	0.690	0.594	0.096	13.9%	0.736	0.629	0.107	14.5%	0.715	0.646	0.070	9.7%	0.748	0.649	0.100	13.3%
24	0.714	0.611	0.102	14.3%	0.776	0.671	0.105	13.5%	0.752	0.658	0.094	12.5%	0.791	0.684	0.107	13.5%
25	0.726	0.648	0.078	10.7%	0.761	0.675	0.085	11.2%	0.758	0.687	0.071	9.3%	0.776	0.695	0.081	10.5%
26	0.694	0.584	0.110	15.8%	0.748	0.624	0.125	16.7%	0.722	0.659	0.063	8.7%	0.760	0.668	0.092	12.1%
27	0.741	0.589	0.153	20.6%	0.748	0.643	0.105	14.1%	0.746	0.641	0.105	14.1%	0.753	0.674	0.080	10.6%
28	0.664	0.580	0.083	12.6%	0.693	0.605	0.088	12.7%	0.687	0.590	0.097	14.2%	0.707	0.610	0.096	13.6%
29	0.814	0.695	0.119	14.6%	0.838	0.730	0.108	12.9%	0.836	0.740	0.097	11.6%	0.847	0.755	0.092	10.9%
30	0.758	0.616	0.142	18.8%	0.820	0.671	0.149	18.1%	0.783	0.657	0.126	16.1%	0.825	0.686	0.139	16.9%
31	0.749	0.635	0.113	15.1%	0.772	0.659	0.113	14.6%	0.785	0.677	0.108	13.7%	0.794	0.677	0.118	14.8%
32	0.764	0.669	0.096	12.5%	0.835	0.712	0.124	14.8%	0.804	0.706	0.098	12.2%	0.839	0.726	0.114	13.5%
33	0.705	0.698	0.007	1.0%	0.748	0.720	0.028	3.8%	0.739	0.703	0.036	4.8%	0.756	0.719	0.037	4.9%
34	0.596	0.546	0.050	8.4%	0.644	0.598	0.046	7.2%	0.624	0.582	0.041	6.6%	0.657	0.620	0.037	5.7%
35	0.670	0.601	0.069	10.2%	0.704	0.640	0.064	9.1%	0.721	0.645	0.076	10.6%	0.732	0.657	0.076	10.3%
36	0.608	0.539	0.069	11.3%	0.655	0.560	0.095	14.5%	0.634	0.568	0.066	10.5%	0.668	0.585	0.082	12.3%
37	0.715	0.604	0.110	15.5%	0.785	0.627	0.158	20.1%	0.753	0.631	0.122	16.2%	0.791	0.648	0.143	18.1%
38	0.711	0.663	0.047	6.7%	0.794	0.710	0.083	10.5%	0.754	0.673	0.081	10.7%	0.800	0.711	0.089	11.1%
39	0.585	0.519	0.066	11.3%	0.652	0.549	0.104	15.9%	0.658	0.595	0.064	9.7%	0.687	0.602	0.085	12.3%
40	0.709	0.641	0.068	9.6%	0.781	0.710	0.071	9.1%	0.734	0.666	0.068	9.2%	0.778	0.702	0.076	9.8%
41	0.726	0.644	0.082	11.3%	0.795	0.687	0.108	13.6%	0.788	0.680	0.107	13.6%	0.814	0.707	0.108	13.2%
42	0.720	0.578	0.142	19.8%	0.758	0.610	0.147	19.4%	0.754	0.592	0.162	21.5%	0.772	0.614	0.158	20.4%
43	0.727	0.579	0.148	20.4%	0.792	0.611	0.181	22.8%	0.771	0.594	0.176	22.9%	0.799	0.618	0.181	22.7%
44	0.649	0.552	0.096	14.8%	0.709	0.573	0.135	19.1%	0.707	0.565	0.141	20.0%	0.738	0.587	0.151	20.4%
45	0.670	0.622	0.047	7.1%	0.708	0.665	0.043	6.0%	0.756	0.667	0.090	11.9%	0.756	0.679	0.077	10.2%
46	0.668	0.616	0.052	7.8%	0.717	0.645	0.073	10.1%	0.708	0.620	0.088	12.5%	0.738	0.644	0.094	12.7%
47	0.684	0.632	0.052	7.6%	0.751	0.696	0.055	7.3%	0.747	0.640	0.107	14.3%	0.777	0.695	0.082	10.5%
48	0.614	0.578	0.035	5.7%	0.690	0.675	0.015	2.2%	0.660	0.644	0.016	2.4%	0.729	0.682	0.046	6.4%
49	0.677	0.607	0.071	10.4%	0.733	0.653	0.080	10.8%	0.734	0.651	0.083	11.3%	0.760	0.674	0.086	11.3%
50	0.543	0.422	0.121	22.3%	0.631	0.441	0.190	30.2%	0.620	0.447	0.172	27.8%	0.667	0.459	0.209	31.2%
51	0.555	0.435	0.119	21.5%	0.631	0.485	0.146	23.1%	0.603	0.444	0.159	26.4%	0.652	0.484	0.168	25.8%
52	0.708	0.647	0.061	8.7%	0.740	0.710	0.030	4.0%	0.736	0.693	0.043	5.8%	0.752	0.723	0.029	3.8%
53	0.702	0.588	0.115	16.3%	0.753	0.638	0.115	15.3%	0.732	0.595	0.138	18.8%	0.760	0.644	0.116	15.2%
54	0.524	0.474	0.050	9.6%	0.610	0.547	0.063	10.3%	0.551	0.517	0.034	6.2%	0.613	0.562	0.050	8.2%
55	0.732	0.664	0.068	9.3%	0.782	0.706	0.076	9.8%	0.758	0.691	0.067	8.8%	0.792	0.718	0.074	9.4%
56	0.742	0.643	0.099	13.4%	0.759	0.671	0.088	11.6%	0.752	0.675	0.076	10.2%	0.763	0.693	0.070	9.2%
57	0.587	0.536	0.050	8.6%	0.619	0.568	0.051	8.3%	0.605	0.540	0.065	10.8%	0.629	0.571	0.058	9.3%
58	0.453	0.448	0.006	1.2%	0.514	0.459	0.055	10.7%	0.482	0.469	0.013	2.7%	0.530	0.467	0.064	12.0%
59	0.712	0.604	0.108	15.2%	0.736	0.641	0.094	12.8%	0.723	0.649	0.074	10.2%	0.741	0.664	0.078	10.5%
60	0.766	0.651	0.115	15.1%	0.794	0.687	0.107	13.5%	0.774	0.658	0.116	15.0%	0.796	0.676	0.120	15.0%
61	0.593	0.504	0.089	15.1%	0.668	0.580	0.088	13.2%	0.603	0.514	0.089	14.7%	0.642	0.569	0.073	11.4%
62	0.554	0.501	0.052	9.4%	0.649	0.536	0.113	17.4%	0.586	0.522	0.064	11.0%	0.652	0.565	0.087	13.4%
63	0.747	0.609	0.138	18.5%	0.813	0.675	0.138	17.0%	0.789	0.664	0.126	15.9%	0.822	0.686	0.136	16.6%
最大	0.81	0.74	0.15	22.3%	0.85	0.76	0.19	30.2%	0.83	0.74	0.18	27.8%	0.85	0.74	0.21	31.2%
平均	0.70	0.62	0.08	11.7%	0.75	0.66	0.09	12.6%	0.74	0.65	0.09	12.1%	0.77	0.67	0.10	12.5%
最小	0.45	0.42	0.00	0.3%	0.51	0.44	0.02	2.2%	0.48	0.44	0.01	2.4%	0.53	0.46	0.03	3.8%

付表3. NCC・実験画像セット1の実験結果(詳細)

番号	テンプレートセットA				テンプレートセットB				テンプレートセットC				テンプレートセットD			
	最大	次席	最一次	比率	最大	次席	最一次	比率	最大	次席	最一次	比率	最大	次席	最一次	比率
1	1.000	0.889	0.111	11.1%	0.977	0.910	0.067	6.9%	0.984	0.900	0.084	8.5%	0.971	0.910	0.061	6.3%
2	1.000	0.895	0.105	10.5%	0.974	0.915	0.059	6.1%	0.987	0.903	0.083	8.4%	0.968	0.920	0.049	5.1%
3	1.000	0.886	0.114	11.4%	0.980	0.912	0.067	6.9%	0.990	0.900	0.089	9.0%	0.975	0.920	0.055	5.7%
4	1.000	0.888	0.112	11.2%	0.976	0.903	0.073	7.5%	0.987	0.912	0.075	7.6%	0.969	0.917	0.052	5.4%
5	1.000	0.880	0.120	12.0%	0.976	0.906	0.071	7.2%	0.977	0.896	0.081	8.3%	0.965	0.909	0.056	5.8%
6	1.000	0.895	0.105	10.5%	0.973	0.907	0.066	6.8%	0.983	0.901	0.082	8.3%	0.965	0.909	0.055	5.7%
7	1.000	0.878	0.122	12.2%	0.972	0.901	0.071	7.3%	0.978	0.893	0.085	8.7%	0.962	0.907	0.056	5.8%
8	1.000	0.889	0.111	11.1%	0.982	0.916	0.066	6.7%	0.983	0.909	0.075	7.6%	0.973	0.924	0.049	5.0%
9	1.000	0.900	0.100	10.0%	0.976	0.917	0.059	6.0%	0.978	0.913	0.065	6.7%	0.964	0.917	0.047	4.9%
10	1.000	0.881	0.119	11.9%	0.975	0.899	0.076	7.8%	0.983	0.889	0.094	9.5%	0.967	0.902	0.066	6.8%
11	1.000	0.899	0.101	10.1%	0.980	0.915	0.065	6.6%	0.980	0.909	0.071	7.2%	0.970	0.916	0.054	5.5%
12	1.000	0.902	0.098	9.8%	0.977	0.925	0.052	5.3%	0.979	0.915	0.064	6.5%	0.966	0.928	0.038	3.9%
13	1.000	0.883	0.117	11.7%	0.973	0.908	0.066	6.8%	0.980	0.896	0.084	8.6%	0.965	0.913	0.052	5.4%
14	1.000	0.879	0.121	12.1%	0.975	0.907	0.068	7.0%	0.979	0.894	0.085	8.7%	0.964	0.913	0.051	5.3%
15	1.000	0.908	0.092	9.2%	0.975	0.920	0.055	5.7%	0.980	0.912	0.068	6.9%	0.965	0.921	0.044	4.6%
16	1.000	0.892	0.108	10.8%	0.980	0.906	0.074	7.5%	0.982	0.897	0.085	8.6%	0.971	0.908	0.063	6.5%
17	1.000	0.880	0.120	12.0%	0.978	0.915	0.063	6.4%	0.989	0.898	0.091	9.2%	0.973	0.919	0.054	5.5%
18	1.000	0.895	0.105	10.5%	0.980	0.921	0.059	6.1%	0.991	0.906	0.086	8.6%	0.976	0.927	0.049	5.0%
19	1.000	0.915	0.085	8.5%	0.982	0.929	0.053	5.4%	0.991	0.925	0.065	6.6%	0.976	0.930	0.046	4.7%
20	1.000	0.895	0.105	10.5%	0.980	0.923	0.057	5.8%	0.989	0.912	0.077	7.8%	0.974	0.928	0.046	4.8%
21	1.000	0.901	0.099	9.9%	0.978	0.915	0.063	6.4%	0.993	0.906	0.087	8.8%	0.975	0.920	0.055	5.6%
22	1.000	0.898	0.102	10.2%	0.976	0.915	0.061	6.3%	0.992	0.911	0.081	8.2%	0.972	0.919	0.053	5.5%
23	1.000	0.909	0.091	9.1%	0.981	0.925	0.056	5.7%	0.997	0.920	0.077	7.7%	0.980	0.927	0.053	5.4%
24	1.000	0.902	0.098	9.8%	0.979	0.922	0.057	5.8%	0.994	0.910	0.083	8.4%	0.976	0.920	0.055	5.7%
25	1.000	0.912	0.088	8.8%	0.976	0.922	0.054	5.5%	0.996	0.916	0.081	8.1%	0.976	0.923	0.053	5.4%
26	1.000	0.900	0.100	10.0%	0.980	0.916	0.064	6.5%	0.997	0.908	0.089	8.9%	0.979	0.928	0.051	5.2%
27	1.000	0.903	0.097	9.7%	0.983	0.923	0.060	6.1%	0.998	0.918	0.080	8.0%	0.984	0.928	0.055	5.6%
28	1.000	0.901	0.099	9.9%	0.980	0.922	0.058	5.9%	0.998	0.917	0.081	8.1%	0.981	0.926	0.054	5.5%
29	1.000	0.903	0.097	9.7%	0.982	0.927	0.055	5.6%	0.996	0.924	0.072	7.2%	0.981	0.936	0.045	4.6%
30	1.000	0.908	0.092	9.2%	0.984	0.929	0.055	5.6%	0.996	0.918	0.078	7.8%	0.983	0.933	0.050	5.1%
31	1.000	0.911	0.089	8.9%	0.984	0.940	0.044	4.5%	0.997	0.932	0.065	6.5%	0.983	0.946	0.038	3.8%
32	1.000	0.919	0.081	8.1%	0.984	0.940	0.044	4.5%	0.997	0.933	0.064	6.5%	0.984	0.943	0.041	4.2%
33	1.000	0.913	0.087	8.7%	0.983	0.927	0.056	5.7%	0.994	0.917	0.077	7.7%	0.981	0.930	0.051	5.2%
34	1.000	0.912	0.088	8.8%	0.986	0.937	0.048	4.9%	0.997	0.917	0.081	8.1%	0.985	0.937	0.048	4.8%
35	1.000	0.915	0.085	8.5%	0.988	0.937	0.051	5.2%	0.999	0.934	0.065	6.5%	0.988	0.940	0.048	4.9%
36	1.000	0.912	0.088	8.8%	0.986	0.925	0.062	6.2%	0.997	0.920	0.077	7.7%	0.986	0.926	0.060	6.1%
37	1.000	0.890	0.110	11.0%	0.983	0.914	0.068	7.0%	0.993	0.900	0.093	9.3%	0.980	0.916	0.064	6.5%
38	1.000	0.919	0.081	8.1%	0.982	0.940	0.041	4.2%	0.992	0.923	0.069	7.0%	0.978	0.941	0.037	3.8%
39	1.000	0.908	0.092	9.2%	0.980	0.928	0.052	5.3%	0.991	0.922	0.069	7.0%	0.975	0.927	0.048	4.9%
40	1.000	0.911	0.089	8.9%	0.984	0.933	0.051	5.2%	0.994	0.920	0.074	7.5%	0.981	0.936	0.045	4.6%
41	1.000	0.901	0.099	9.9%	0.980	0.913	0.066	6.8%	0.985	0.906	0.079	8.0%	0.972	0.922	0.050	5.1%
42	1.000	0.917	0.083	8.3%	0.989	0.940	0.049	4.9%	0.995	0.928	0.067	6.8%	0.986	0.940	0.046	4.7%
43	1.000	0.904	0.096	9.6%	0.979	0.928	0.051	5.2%	0.988	0.910	0.078	7.9%	0.972	0.929	0.043	4.4%
44	1.000	0.901	0.099	9.9%	0.980	0.914	0.066	6.8%	0.988	0.910	0.078	7.8%	0.972	0.920	0.053	5.4%
45	1.000	0.904	0.096	9.6%	0.982	0.923	0.059	6.0%	0.989	0.909	0.080	8.1%	0.977	0.926	0.050	5.1%
46	1.000	0.895	0.105	10.5%	0.986	0.926	0.060	6.1%	0.994	0.917	0.077	7.7%	0.983	0.933	0.050	5.1%
47	1.000	0.911	0.089	8.9%	0.983	0.937	0.046	4.7%	0.990	0.915	0.074	7.5%	0.977	0.937	0.040	4.1%
48	1.000	0.908	0.092	9.2%	0.979	0.920	0.060	6.1%	0.992	0.917	0.075	7.6%	0.975	0.923	0.051	5.3%
49	1.000	0.915	0.085	8.5%	0.985	0.941	0.045	4.5%	0.993	0.932	0.061	6.1%	0.982	0.947	0.035	3.6%
50	1.000	0.908	0.092	9.2%	0.985	0.938	0.047	4.7%	0.993	0.925	0.068	6.8%	0.980	0.943	0.037	3.8%
51	1.000	0.922	0.078	7.8%	0.987	0.941	0.046	4.6%	0.995	0.929	0.066	6.6%	0.984	0.943	0.040	4.1%
52	1.000	0.913	0.087	8.7%	0.984	0.922	0.063	6.4%	0.994	0.913	0.081	8.2%	0.981	0.922	0.059	6.0%
53	1.000	0.922	0.078	7.8%	0.989	0.938	0.051	5.1%	0.997	0.935	0.062	6.2%	0.987	0.942	0.045	4.5%
54	1.000	0.903	0.097	9.7%	0.987	0.930	0.056	5.7%	0.997	0.918	0.079	7.9%	0.984	0.933	0.051	5.2%
55	1.000	0.919	0.081	8.1%	0.985	0.930	0.055	5.6%	0.998	0.925	0.074	7.4%	0.985	0.934	0.051	5.2%
56	1.000	0.903	0.097	9.7%	0.990	0.926	0.064	6.5%	0.999	0.923	0.076	7.6%	0.990	0.933	0.057	5.7%
57	1.000	0.913	0.087	8.7%	0.987	0.929	0.058	5.9%	0.999	0.929	0.070	7.0%	0.987	0.939	0.048	4.8%
58	1.000	0.907	0.093	9.3%	0.984	0.932	0.053	5.3%	0.998	0.920	0.078	7.9%	0.983	0.935	0.048	4.9%
59	1.000	0.910	0.090	9.0%	0.984	0.932	0.052	5.3%	0.999	0.926	0.073	7.3%	0.985	0.932	0.053	5.3%
60	1.000	0.911	0.089	8.9%	0.985	0.923	0.063	6.4%	0.999	0.917	0.081	8.1%	0.986	0.925	0.061	6.2%
61	1.000	0.914	0.086	8.6%	0.986	0.934	0.051	5.2%	0.991	0.918	0.073	7.3%	0.979	0.935	0.044	4.5%
62	1.000	0.911	0.089	8.9%	0.984	0.934	0.050	5.1%	0.989	0.917	0.072	7.2%	0.975	0.933	0.042	4.3%
63	1.000	0.899	0.101	10.1%	0.981	0.914	0.067	6.8%	0.992	0.911	0.082	8.2%	0.977	0.918	0.059	6.1%
最大	1.00	0.92	0.12	12.2%	0.99	0.94	0.08	7.8%	1.00	0.93	0.09	9.5%	0.99	0.95	0.07	6.8%
平均	1.00	0.90	0.10	9.7%	0.98	0.92	0.06	5.9%	0.99	0.91	0.08	7.7%	0.98	0.93	0.05	5.1%
最小	1.00	0.88	0.08	7.8%	0.97	0.90	0.04	4.2%	0.98	0.89	0.06	6.1%	0.96	0.90	0.03	3.6%

付表 4. NCC・実験画像セット2の実験結果(詳細)

番号	テンプレートセットA				テンプレートセットB				テンプレートセットC				テンプレートセットD			
	最大	次席	最-次	比率	最大	次席	最-次	比率	最大	次席	最-次	比率	最大	次席	最-次	比率
1	0.919	0.884	0.035	3.8%	0.942	0.907	0.035	3.7%	0.936	0.910	0.026	2.8%	0.950	0.916	0.034	3.6%
2	0.899	0.898	0.001	0.1%	0.921	0.905	0.016	1.8%	0.920	0.907	0.014	1.5%	0.930	0.908	0.022	2.3%
3	0.918	0.905	0.012	1.4%	0.937	0.921	0.017	1.8%	0.933	0.908	0.025	2.7%	0.943	0.921	0.022	2.3%
4	0.893	0.885	0.008	0.9%	0.930	0.906	0.024	2.6%	0.914	0.910	0.005	0.5%	0.934	0.917	0.017	1.8%
5	0.897	0.886	0.012	1.3%	0.918	0.897	0.021	2.3%	0.930	0.900	0.030	3.2%	0.934	0.906	0.028	3.0%
6	0.909	0.905	0.004	0.4%	0.928	0.915	0.013	1.4%	0.930	0.910	0.020	2.1%	0.939	0.916	0.023	2.5%
7	0.907	0.890	0.017	1.9%	0.934	0.907	0.027	2.9%	0.939	0.907	0.032	3.4%	0.944	0.919	0.024	2.6%
8	0.905	0.884	0.021	2.3%	0.923	0.911	0.012	1.3%	0.928	0.906	0.022	2.4%	0.934	0.918	0.016	1.7%
9	0.922	0.891	0.031	3.4%	0.931	0.908	0.023	2.4%	0.941	0.907	0.034	3.6%	0.940	0.911	0.029	3.1%
10	0.906	0.882	0.024	2.7%	0.929	0.898	0.031	3.4%	0.931	0.900	0.032	3.4%	0.939	0.905	0.034	3.6%
11	0.921	0.896	0.025	2.7%	0.939	0.907	0.032	3.4%	0.943	0.898	0.045	4.8%	0.948	0.909	0.039	4.2%
12	0.896	0.891	0.005	0.6%	0.924	0.899	0.025	2.8%	0.926	0.894	0.032	3.5%	0.937	0.905	0.032	3.4%
13	0.914	0.869	0.045	4.9%	0.931	0.895	0.036	3.9%	0.934	0.894	0.040	4.3%	0.938	0.906	0.032	3.4%
14	0.887	0.881	0.006	0.7%	0.920	0.907	0.013	1.4%	0.921	0.909	0.011	1.2%	0.931	0.920	0.011	1.2%
15	0.917	0.906	0.011	1.2%	0.944	0.918	0.027	2.8%	0.941	0.914	0.028	2.9%	0.950	0.927	0.023	2.4%
16	0.915	0.885	0.030	3.3%	0.939	0.891	0.048	5.2%	0.935	0.890	0.045	4.8%	0.942	0.897	0.045	4.8%
17	0.917	0.889	0.029	3.1%	0.940	0.904	0.036	3.8%	0.936	0.901	0.035	3.8%	0.946	0.907	0.039	4.1%
18	0.915	0.880	0.035	3.8%	0.933	0.897	0.036	3.9%	0.927	0.887	0.040	4.3%	0.937	0.899	0.038	4.0%
19	0.930	0.907	0.023	2.5%	0.948	0.918	0.030	3.1%	0.946	0.917	0.030	3.1%	0.953	0.920	0.032	3.4%
20	0.923	0.886	0.036	3.9%	0.946	0.914	0.032	3.4%	0.940	0.899	0.041	4.3%	0.951	0.914	0.037	3.9%
21	0.905	0.889	0.017	1.8%	0.926	0.903	0.023	2.5%	0.920	0.894	0.025	2.7%	0.930	0.905	0.025	2.7%
22	0.915	0.898	0.017	1.9%	0.939	0.911	0.028	3.0%	0.933	0.911	0.022	2.3%	0.945	0.916	0.029	3.1%
23	0.915	0.887	0.028	3.1%	0.933	0.907	0.026	2.8%	0.921	0.900	0.021	2.3%	0.935	0.910	0.025	2.7%
24	0.923	0.899	0.023	2.5%	0.944	0.920	0.024	2.6%	0.934	0.909	0.025	2.6%	0.948	0.919	0.029	3.0%
25	0.917	0.905	0.012	1.3%	0.937	0.918	0.019	2.0%	0.925	0.911	0.014	1.5%	0.939	0.919	0.020	2.1%
26	0.923	0.902	0.020	2.2%	0.943	0.917	0.026	2.7%	0.927	0.909	0.018	1.9%	0.945	0.923	0.022	2.3%
27	0.932	0.902	0.030	3.2%	0.939	0.911	0.028	3.0%	0.931	0.907	0.023	2.5%	0.940	0.912	0.028	2.9%
28	0.919	0.883	0.036	3.9%	0.932	0.905	0.027	2.8%	0.922	0.904	0.017	1.9%	0.934	0.910	0.024	2.6%
29	0.942	0.886	0.056	5.9%	0.953	0.917	0.035	3.7%	0.948	0.906	0.042	4.5%	0.955	0.925	0.030	3.1%
30	0.937	0.888	0.049	5.2%	0.954	0.908	0.046	4.8%	0.943	0.895	0.048	5.1%	0.955	0.913	0.043	4.5%
31	0.940	0.900	0.041	4.3%	0.953	0.918	0.035	3.7%	0.949	0.918	0.031	3.3%	0.957	0.921	0.036	3.8%
32	0.943	0.913	0.030	3.2%	0.963	0.935	0.028	2.9%	0.952	0.926	0.025	2.7%	0.964	0.937	0.026	2.7%
33	0.923	0.913	0.010	1.1%	0.940	0.931	0.009	1.0%	0.931	0.911	0.019	2.1%	0.941	0.929	0.013	1.3%
34	0.916	0.892	0.024	2.6%	0.933	0.920	0.014	1.5%	0.919	0.898	0.021	2.3%	0.934	0.921	0.013	1.4%
35	0.913	0.899	0.014	1.5%	0.936	0.912	0.023	2.5%	0.929	0.899	0.031	3.3%	0.942	0.915	0.027	2.8%
36	0.920	0.896	0.024	2.6%	0.937	0.913	0.024	2.5%	0.923	0.911	0.012	1.3%	0.938	0.917	0.021	2.2%
37	0.919	0.879	0.040	4.4%	0.941	0.897	0.044	4.7%	0.930	0.885	0.045	4.9%	0.942	0.902	0.040	4.3%
38	0.937	0.922	0.015	1.6%	0.958	0.941	0.017	1.8%	0.948	0.923	0.025	2.7%	0.959	0.940	0.019	2.0%
39	0.906	0.895	0.011	1.2%	0.929	0.910	0.019	2.1%	0.926	0.906	0.019	2.1%	0.936	0.914	0.022	2.3%
40	0.935	0.912	0.023	2.5%	0.952	0.937	0.015	1.6%	0.941	0.918	0.023	2.4%	0.951	0.934	0.017	1.8%
41	0.916	0.889	0.027	2.9%	0.941	0.911	0.030	3.2%	0.938	0.899	0.038	4.1%	0.946	0.917	0.029	3.1%
42	0.939	0.902	0.037	3.9%	0.949	0.919	0.031	3.2%	0.947	0.907	0.040	4.2%	0.952	0.918	0.034	3.5%
43	0.932	0.891	0.041	4.4%	0.950	0.910	0.040	4.2%	0.945	0.891	0.055	5.8%	0.951	0.909	0.042	4.4%
44	0.916	0.888	0.029	3.1%	0.937	0.908	0.029	3.1%	0.935	0.895	0.040	4.2%	0.943	0.908	0.035	3.7%
45	0.904	0.875	0.029	3.2%	0.923	0.910	0.012	1.3%	0.930	0.896	0.034	3.7%	0.935	0.912	0.023	2.4%
46	0.924	0.904	0.020	2.2%	0.940	0.921	0.019	2.1%	0.935	0.903	0.032	3.4%	0.944	0.919	0.025	2.6%
47	0.923	0.911	0.013	1.4%	0.943	0.932	0.011	1.1%	0.941	0.909	0.032	3.4%	0.948	0.932	0.016	1.7%
48	0.896	0.893	0.002	0.3%	0.927	0.920	0.006	0.7%	0.918	0.908	0.010	1.1%	0.934	0.923	0.011	1.2%
49	0.930	0.902	0.028	3.0%	0.944	0.926	0.018	2.0%	0.944	0.917	0.026	2.8%	0.949	0.931	0.018	1.9%
50	0.934	0.893	0.041	4.4%	0.952	0.916	0.036	3.8%	0.950	0.902	0.048	5.1%	0.956	0.918	0.038	4.0%
51	0.938	0.902	0.036	3.8%	0.953	0.924	0.029	3.0%	0.948	0.905	0.043	4.6%	0.956	0.924	0.032	3.3%
52	0.918	0.892	0.027	2.9%	0.932	0.921	0.011	1.2%	0.928	0.903	0.024	2.6%	0.935	0.923	0.011	1.2%
53	0.938	0.901	0.037	4.0%	0.951	0.925	0.026	2.7%	0.945	0.912	0.033	3.5%	0.952	0.923	0.029	3.0%
54	0.915	0.887	0.028	3.1%	0.932	0.917	0.015	1.6%	0.922	0.902	0.020	2.2%	0.932	0.920	0.012	1.3%
55	0.934	0.904	0.030	3.2%	0.951	0.927	0.024	2.5%	0.940	0.913	0.028	2.9%	0.953	0.928	0.025	2.6%
56	0.928	0.885	0.043	4.6%	0.936	0.912	0.024	2.6%	0.930	0.903	0.027	2.9%	0.937	0.918	0.019	2.0%
57	0.916	0.896	0.020	2.2%	0.929	0.912	0.017	1.8%	0.920	0.909	0.010	1.1%	0.930	0.914	0.016	1.7%
58	0.927	0.905	0.022	2.3%	0.946	0.922	0.024	2.5%	0.933	0.912	0.021	2.3%	0.948	0.923	0.025	2.6%
59	0.928	0.896	0.032	3.5%	0.938	0.913	0.024	2.6%	0.929	0.910	0.020	2.1%	0.939	0.914	0.025	2.7%
60	0.929	0.901	0.028	3.0%	0.942	0.916	0.026	2.7%	0.929	0.902	0.027	2.9%	0.942	0.913	0.029	3.1%
61	0.926	0.895	0.031	3.4%	0.942	0.916	0.026	2.8%	0.932	0.903	0.030	3.2%	0.938	0.918	0.020	2.2%
62	0.925	0.902	0.023	2.5%	0.946	0.924	0.022	2.3%	0.937	0.915	0.022	2.3%	0.946	0.931	0.016	1.7%
63	0.931	0.890	0.042	4.5%	0.952	0.913	0.039	4.1%	0.945	0.903	0.043	4.5%	0.954	0.915	0.039	4.1%
最大	0.94	0.92	0.06	5.9%	0.96	0.94	0.05	5.2%	0.83	0.74	0.05	5.8%	0.85	0.74	0.05	4.8%
平均	0.92	0.89	0.03	2.7%	0.94	0.91	0.03	2.7%	0.93	0.91	0.03	3.0%	0.94	0.92	0.03	2.8%
最小	0.89	0.87	0.00	0.1%	0.92	0.89	0.01	0.7%	0.91	0.88	0.00	0.5%	0.93	0.90	0.01	1.2%