

特定の観察位置から復号可能なキャリアスクリーン画像

兼田 真照¹ 生源寺 類^{1,a)}

概要: 我々は、チェッカパターンを重ね合わせることで秘密画像が浮かび上がるチェッカパターンキャリアスクリーン画像を提案している。従来のキャリアスクリーン画像と同様に、サンプリング処理による復号が可能であり、スマートフォンなどのカメラ付き携帯端末を利用することで非接触での復号が実現できる。本研究では、射影変換したキャリアスクリーン画像を直交する複数の壁面に分割して配置することで、特定の観察位置のみで復号可能な拡張手法を提案する。また、スマートフォンを用いた復号実験を行い、提案手法の妥当性を示す。

Carrier-Screen Images Decoding at a Specific Vantage Point

MASATERU KANEDA¹ RUI SHOGENJI^{1,a)}

Abstract: We propose the checkered-pattern carrier-screen images which can be visualized a secret image by superimposing a checkered pattern. A checkered-pattern carrier-screen image can also decode by resampling it at the certain interval. It is possible to non-contact and simple decoding by using a camera-equipped mobile terminal. In this paper, we propose a method of the projection transformation of a carrier-screen image which can be decoded from a particular viewing position by arranged it on the surface of the orthogonal wall. In addition, decoding experiments with a smartphone are performed to show the validity of the proposed method.

1. はじめに

有価証券等の偽造防止や絵本などのエンタテインメント分野で利用される潜像技術としてキャリアスクリーン画像がある [1–3]。キャリアスクリーン画像では、キャリアスクリーンと呼ばれる周期パターンを重ね合わせることで秘密画像が浮かび上がる。キャリアスクリーンとして万線や網点、チェッカパターン [4] などを印刷したフィルムが用いられる。また、周期パターンを復号に用いるため、キャリアスクリーンの重ね合わせによる復号の他に、サンプリング処理による復号も可能である。このサンプリング処理による復号を利用した復号手法として、我々はデジタルカメラを用いた復号手法を提案している [4, 5]。デジタルカメラを用いた復号手法では、撮影距離を調整することで適切なサンプリング間隔を設定でき、秘密画像が復号される。このように非接触での復号が可能であるため、キャリアス

クリーン画像の応用範囲の拡張が期待される。

キャリアスクリーン画像の応用の一つとして、情報提示技術が考えられる。ポスターやデジタルサイネージ単に情報を表示するのではなく、情報を潜在化して提示することで注意を引くことができる。さらに二次元バーコードとは異なり、符号化された情報は視覚的に顕在化するため、強く印象に残すことが可能である。一方、ユーザの手による撮影位置やカメラの傾きなどの調整が必要である。

本研究では、ユーザの手による位置合わせを積極的に利用するため、複数の壁面に分割して配置することで、特定の観察位置からのみで復号可能な射影変換キャリアスクリーン画像を提案する。すなわち、ある地点から観察することで空間に幾何学模様が浮かび上がる Felice Varini [6] のアナモルフィックアート作品などの様に、特定の位置で撮影したときのみ復号可能なパターンの生成を行う。また、射影変換キャリアスクリーン画像のスマートフォンを用いた復号実験を行い、提案手法の妥当性を示す。

¹ 静岡大学 大学院総合科学技術研究科
Shizuoka University, Hamamatsu, Shizuoka 432–8561, Japan
^{a)} shogenji.rui@shizuoka.ac.jp

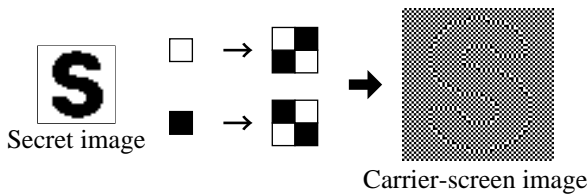


図 1 チェッカパターンキャリアスクリーン画像の生成

Fig. 1 Encoding process of a checkerboard-pattern carrier-screen image.



図 2 秘密画像

Fig. 2 A secret image.

2. チェッカパターンキャリアスクリーン画像

チェッカパターンキャリアスクリーン画像は、キャリアスクリーンであるチェッカパターンの一部を階調反転することで秘密画像を符号化する。チェッカパターンキャリアスクリーン画像の生成処理の概略図を図 1 に示す。補助画素は、2種類の相補的な 2×2 画素のチェッカパターンを使用する。秘密画像の画素が白であれば一方の補助画素に置き換え、秘密画像の画素が黒であれば他方の補助画素に置き換える。また、補助画素のサイズが 2×2 であるため、生成されるキャリアスクリーン画像のサイズは、縦、横ともに秘密画像の 2 倍になる。図 2 に示す秘密画像を符号化したキャリアスクリーン画像を図 3 に示す。生成されるチェッカパターンキャリアスクリーン画像は、正方画素構造を持つため、射影変換 [7] や誤差拡散法などの従来の画像処理手法が容易に適用可能である。

出力されたキャリアスクリーン画像は十分な解像度を有していないため、秘密画像のパターンの輪郭が露見する。そのため図 4 に示す誤差拡散法を利用した潜在化処理を行う [8]。誤差拡散法による潜在化処理は、キャリアスクリーン画像のコントラスト調整およびハーフトーン処理の 2 段階で行われる。まず、キャリアスクリーン画像の白画素 (画素値: 255) の画素値を小さくすることで、キャリアスクリーン画像のコントラスト調整を行う。次に、誤差拡散法により 2 値化することで、潜在化キャリアスクリーン画像が生成される。本稿では、コントラスト調整後のキャリアスクリーン画像の明画素の画素値を 127 とし、誤差拡散法における拡散係数は Stucki [9] を使用した。誤差拡散法による潜在化例を図 5 に示す。潜在化処理前のキャリアスクリーン画像と比較して、秘密画像のパターンが知覚されにくくなっていることが確認できる。図 6 にチェッカパターンの重ね合わせによる復号結果を示す。復号結果には潜在化の影響による劣化が見られるが、復号結果から秘密画像の情報を認識可能であることがわかる。

チェッカパターンキャリアスクリーン画像は、従来のキャリアスクリーン画像と同様に、適切なサンプリング間隔でのサンプリング処理による復号も可能である。我々は、サンプリング処理による復号手法として、デジタルカメラを利用した非接触での復号処理を提案している。また、ス

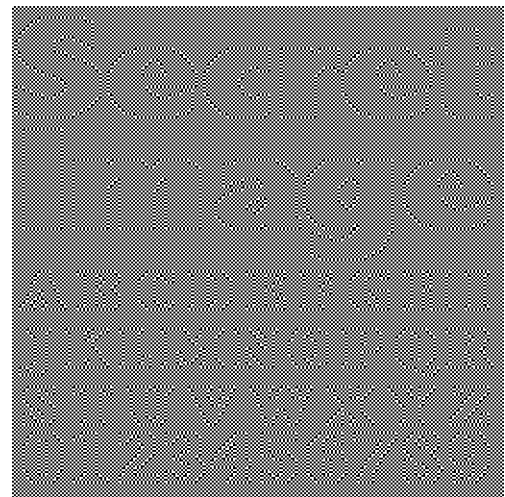


図 3 チェッカパターンキャリアスクリーン画像

Fig. 3 A checkerboard-pattern carrier-screen image.

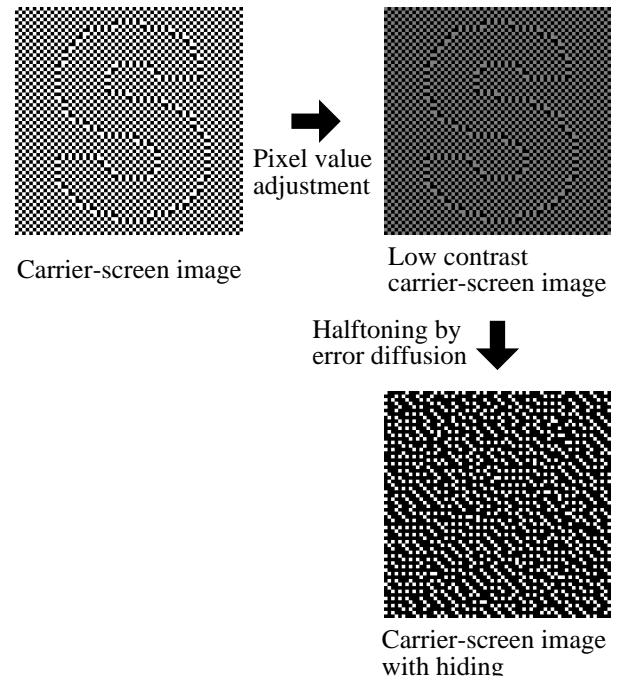


図 4 誤差拡散法を利用した潜在化処理

Fig. 4 Hiding process with error diffusion halftoning.

マートフォンなどのカメラ付き携帯端末を用いることで、より柔軟な復号処理が可能となり、様々応用手法の創出が期待される。

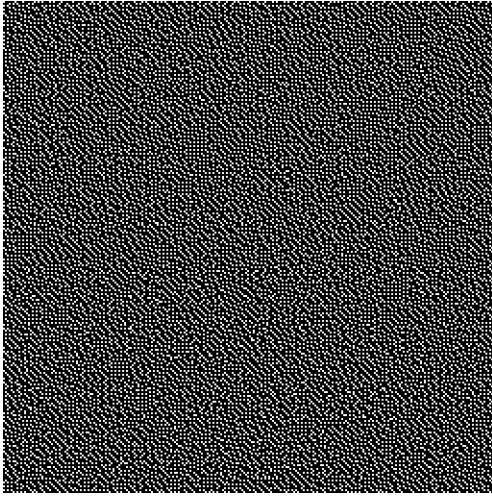


図 5 潜在化チェッカパターンキャリアスクリーン画像

Fig. 5 A checkered-pattern carrier-screen image with error-diffusion hiding.



図 6 潜在化チェッカパターンキャリアスクリーン画像の復号結果

Fig. 6 A decoded result of the checkered-pattern carrier-screen image by superimposing a checkered pattern.

3. 特定の観察位置からの復号

カメラで撮影した画像は、三次元空間を二次元平面に射影変換したものとなる。特定の位置から観察したときにキャリアスクリーン画像が正方形に撮影されるように逆変換したパターンを空間に配置することで、特定の観察位置からのみで復号可能なキャリアスクリーン画像を実現することができる。

3.1 キャリアスクリーン画像の射影変換

本稿では、直交した2枚の壁にパターンを配置し、特定の観察位置のみで復号可能なパターンを生成することを考える。図7に示すように、撮影範囲には xy 平面上と yz 平面上に壁を配置し、三次元空間上の原点 O を注視点とする。注視点までの距離を d mとする位置に観察位置 P を

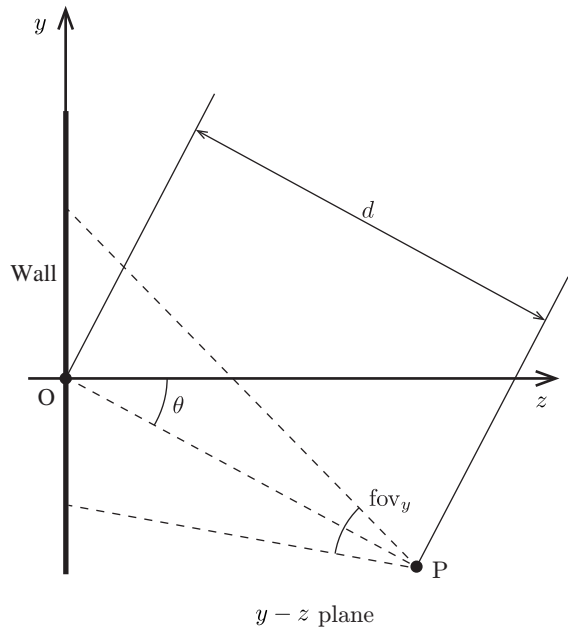
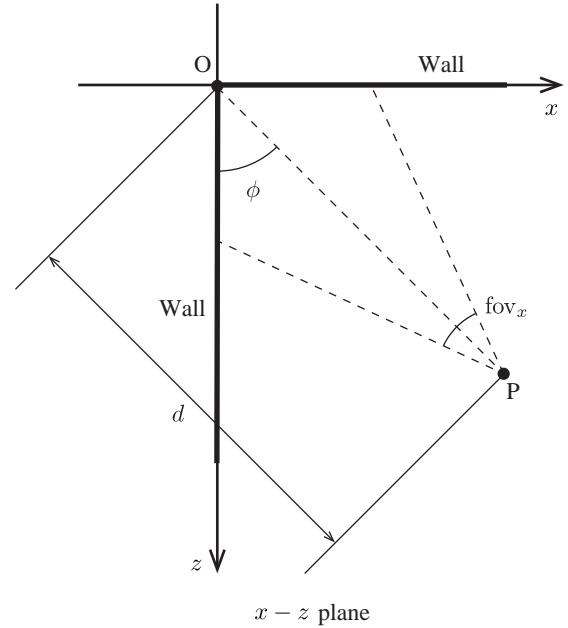


図 7 空間配置を考慮した観察モデル

Fig. 7 Observation model for the three-dimensional arrangement.

配置した。このとき壁面に対する観察位置の水平方向および垂直方向の角度をそれぞれ ϕ , θ とした。

観察距離、観察角度およびキャリアスクリーン画像の投影角から、壁ごと(xy 平面および yz 平面)に射影変換パラメータを求める。すなわち、観察位置からキャリアスクリーン画像を壁面に向かって投影したときに、キャリアスクリーン画像の4隅が xy 平面あるいは yz 平面のどこに投影されるかを算出する。ここでキャリアスクリーン画像の投影角は、カメラの画角と撮影時の視野内に占めるキャリアスクリーン画像の領域サイズから求める。本稿では、カ

メラの垂直面角を 40° とし、撮影時にキャリアスクリーン画像が垂直面角の $4/5$ の領域を占めるように、投影角を水平、垂直方向ともに 32° とした。

まず、投影角から任意の距離におけるキャリアスクリーン画像の投影座標を求め、観察位置から投影座標の4隅への方向ベクトルをそれぞれ求める。さらに求めた方向ベクトルを観察角度に従い回転する。観察位置座標と方向ベクトルから求められる4本の直線と壁との交点の座標に、キャリアスクリーン画像の4隅の点を対応させて射影変換を行うことで、壁面に配置する画像を生成する。実際には、 xy 平面と yz 平面とに分けて射影変換画像を2枚生成し、それぞれを壁面に配置する。

3.2 復号実験

実験に使用したキャリアスクリーン画像を図 10 に示す。コントラストの良い復号結果を得るために、キャリアスクリーン画像の画素構造を 45° 回転させた画像を用いた。この回転処理および射影変換における補間処理を考慮し、キャリアスクリーン画像は最近傍法で幅、高さともに10倍に拡大した画像を用いた。撮影距離を 1.5 m、水平方向の観察角度 45° 、垂直方向の観察角度 20° として射影変換キャリアスクリーン画像(図 11)を生成した。

復号実験の外観を図 8 に示す。射影変換キャリアスクリーン画像を、約 1118 mm \times 1118 mm の用紙に印刷したものを直角に折り曲げ壁面に貼り付けた。キャリアスクリーン画像の復号には、スマートフォン用の復号アプリケーションを使用した。水平方向および垂直方向の観察角度をそれぞれ 45° 、 20° とし、距離約 1.5 m の位置にスマートフォンを配置した。スマートフォンの画面上でキャリアスクリーン画像は正方形に表示されており、復号アプリケーションのサンプリング間隔を適切な値に設定することで復号結果が得られた。このときのスマートフォンのスクリーンショットを図 9 に示す。

4. まとめ

本研究では、射影変換したチェッカパターンキャリアスクリーン画像を直交する複数の壁面に分割して配置することで、特定の観察位置からのみで復号可能な拡張手法を提案した。スマートフォンを用いた復号実験を行い、特定の観察位置で復号できることを確認した。

提案手法は、キャリアスクリーン画像に限らず、QRコードなどの二次元バーコードや自己復号型ランダムグリッド [10] などへ適用することが可能である。特に本稿で示した例では、キャリアスクリーン画像が正方形に観察できる位置で秘密画像が復号できる。このことは適切な観察位置への誘導として利用することも可能であり、自己復号型ランダムグリッドのように精細な位置合わせが必要な手法に提案手法を適用することで、より簡便な復号が実現できる。

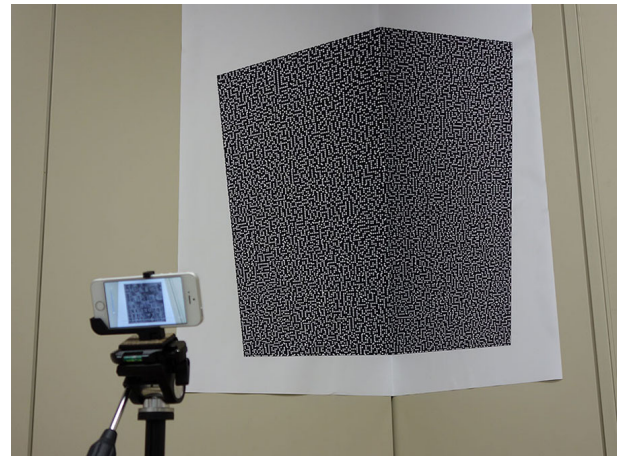


図 8 復号実験

Fig. 8 Experimental setup for decoding of the transformed carrier-screen image.



図 9 復号アプリケーションによる復号結果 (スクリーンショット)

Fig. 9 A screenshot of the decoding result using a smartphone.

参考文献

- [1] R. L. van Renesse: Optical Document Security, 3rd ed., Artech House, Norwood, MA, (2005).
- [2] 香川元太郎: かずの冒険 (野山編), 小学館 (2009).
- [3] ポケットモンスター XY マジックルーベで さがそう!, 小学館 (2012).
- [4] R. Shogenji and J. Ohtsubo: Hiding Information Using a Checkered Pattern, *Optical Review*, **16**, 5, pp. 517-520, (2009).
- [5] 生源寺類: デジタルカメラによる復号が可能な潜像技術: 一様な画像への誤差拡散法による埋め込み, 情報処理学会インタラクシオン 2014, pp. 216-220 (2014).
- [6] Felice Varini: available from <http://www.varini.org> (accessed 2016-12-26).
- [7] 兼田真照, 生源寺類: デジタルカメラを用いた復号を目的とした潜在化チェッカパターンキャリアスクリーン画像の射影変換, 第 76 回応用物理学会秋季学術講演会 講演予稿集, 14p-2E-6 (2015).
- [8] R. Shogenji and J. Ohtsubo: Hiding a Checkered-Pattern Carrier-Screen Image in a Camouflaged Halftone Image, *Optical Review*, **21**, 3, pp. 237-242, (2014).
- [9] P. Stucki: MECCA - a multiple error correcting computation algorithm for bi-level image hard copy reproduction, *Research report RZ1060*, IBM Research Laboratory, Zurich, Switzerland, (1981).
- [10] 二上尚文, 生源寺類: カメラ付き携帯情報端末を用いた復号を目的とした自己復号型ランダムグリッド, 情報処理学会インタラクシオン 2016, pp. 214-218 (2016).

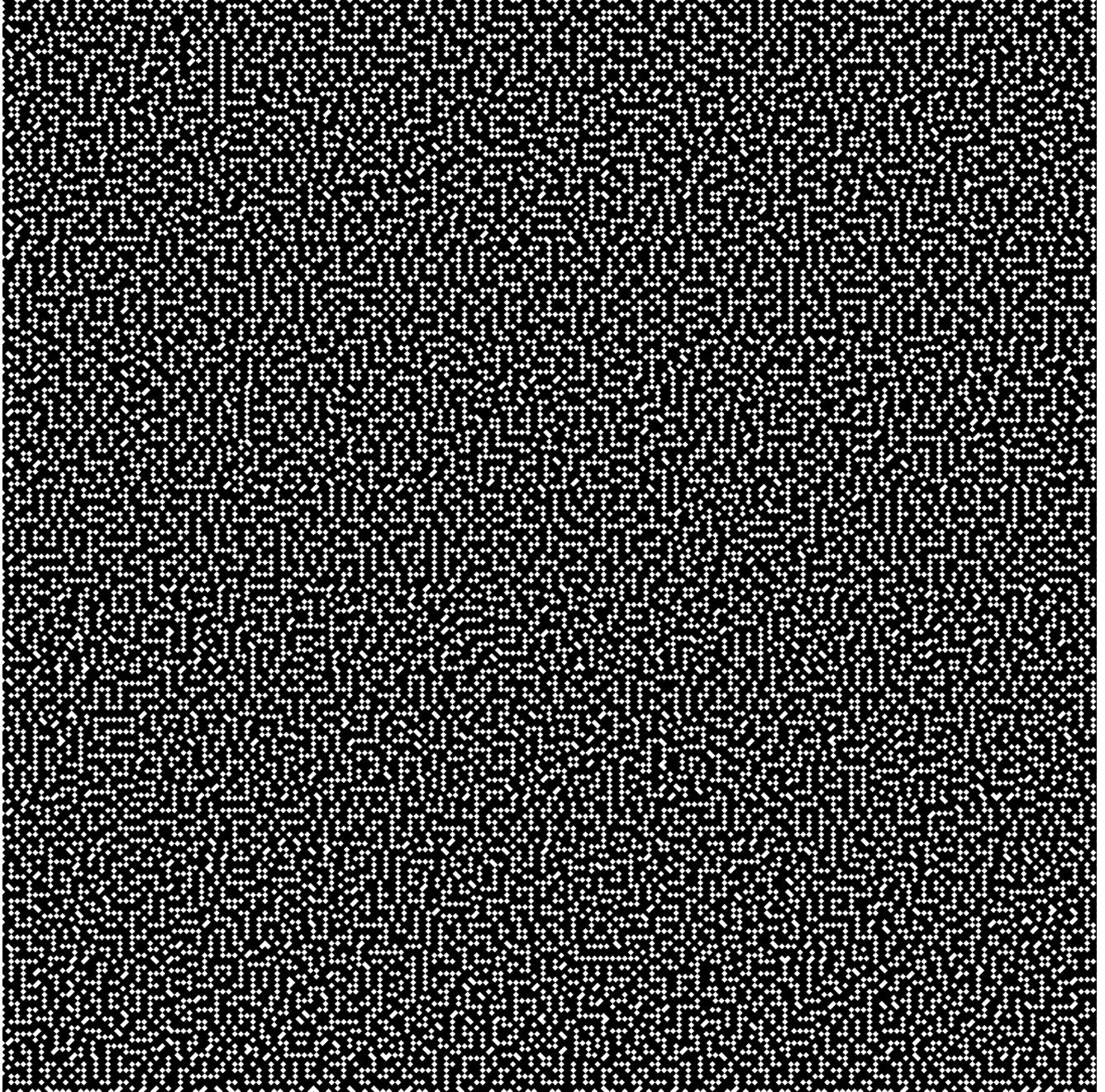


図 10 実験に使用したキャリアスクリーン画像

Fig. 10 A checkered-pattern carrier-screen image for the decoding experiment.

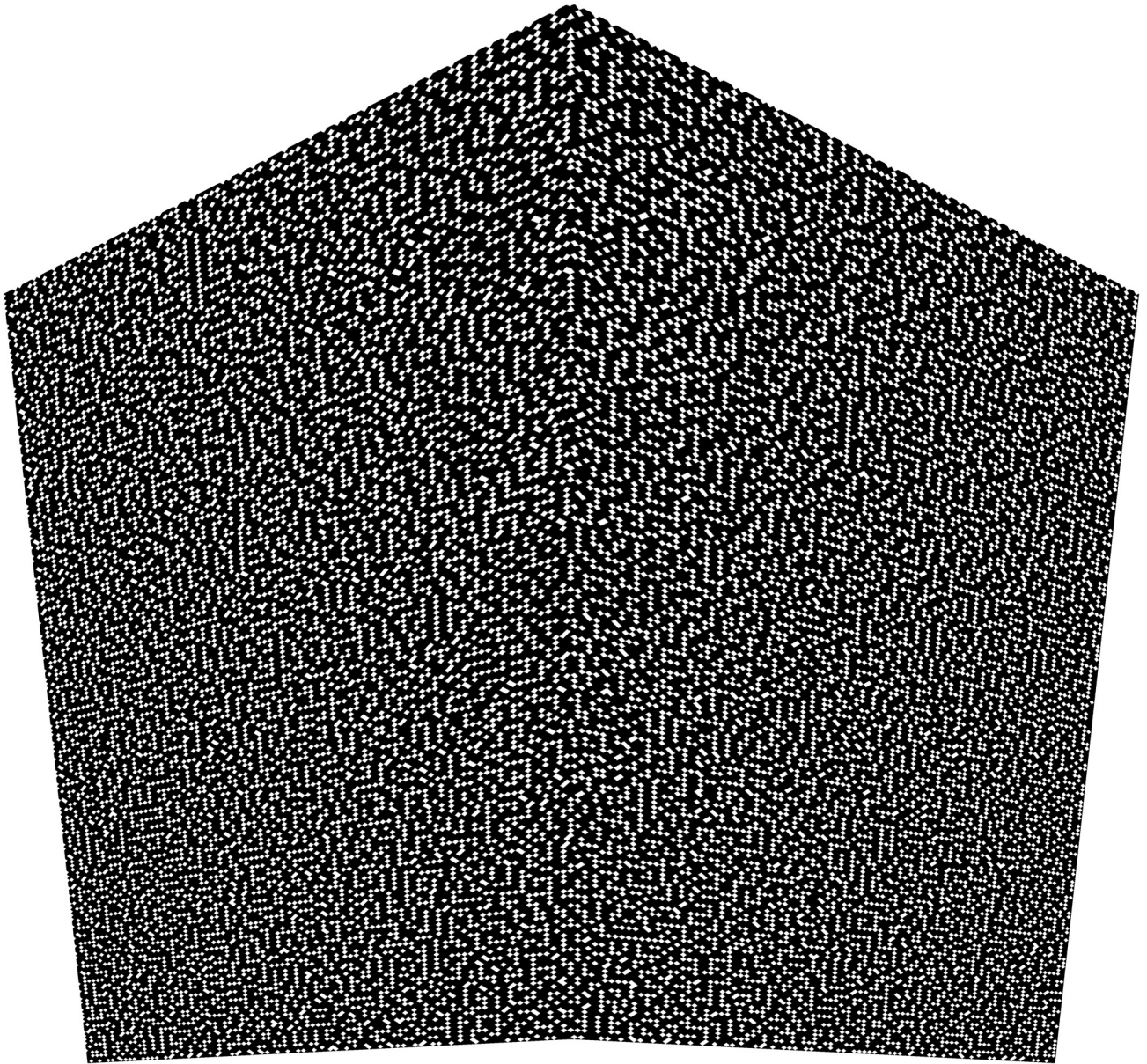


図 11 実験に使用した射影変換キャリアスクリーン画像

Fig. 11 An anamorphic checkerboard-pattern carrier-screen image for the decoding experiment.