

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 5 月 19 日現在

機関番号：12101

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2014～2015

課題番号：26540054

研究課題名(和文) レーザースペckルを用いた視覚復号型秘密分散暗号法の開発研究

研究課題名(英文) Development research into the visual secret sharing (visual cryptography) that uses laser speckles

研究代表者

鶴野 克宏 (Uno, Katsuhiro)

茨城大学・工学部・准教授

研究者番号：10280710

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,000,000円

研究成果の概要(和文)：単独では意味を持たないが、合成すると秘密画像が再生される視覚復号型暗号を実現するために、従来のランダムグリッドに替わり、粗面からの散乱光によるスペckルパターンを初めて用いた。秘密画像が埋め込まれたランダムパターンであるシェアを作成するために、スペckルパターンを切り出し、二値化した。このシェアと元のスペckルパターンを重ね合わせることで、秘密画像を再生することに成功した。これは、直接シェアにスペckルパターンを照射することによって、秘密画像を解読できることを意味する。

研究成果の概要(英文)：We used for the first time the speckle pattern created by the scattered laser beam from rough surfaces in order to perform the visual secret sharing that is cryptography method of hiding a secret image by stacking two meaningless random pattern, which is alternative material for random grid pattern. Segmentation and binarization of the speckle pattern was performed for making one share embedding secret image. Reconstruction of the secret image was successfully achieved by the product between the share and the original speckle pattern. This means that it is able to decode the secret image by irradiating directly the speckle pattern into the share.

研究分野：光情報処理

キーワード：視覚復号型秘密分散法 視覚復号型暗号法 スペckル ランダムグリッド

線を求める目的で行なった。スクリーンの材質として再生紙と擦りガラスを用いた。印刷方法としてレーザープリンターを用いた。

つぎに、計算機を用いて取得されたスペックル画像に秘密画像を埋め込んだシェアを作成し、画像の秘匿性を検証した。なお、スペックル画像に秘密画像を埋め込む際、前述の論理演算の問題から、両画像を2値化した。スペックルの平均粒径やコントラストを調整し、秘密画像が認識できなくなる最適条件を調べた。

平成 27 年度は、スペックル画像に秘密画像を埋め込んだシェアとスペックル画像を重ね合わせ、画像の復号を行った。

まず、カメラに撮り込んだスペックル画像に秘密画像を埋め込んだシェアに、元のスペックル画像を計算機上で重ね合わせ、画像の復号ができるかを確認した。

最後に、レーザー光を粗面に照射し、スペックルを発生させ、それをスクリーンに投影した画像をカメラに取り込んでスペックル画像を作成し、そのスペックル画像を2値化した画像に秘密画像を埋め込んだ分散画像をスクリーンの位置に戻し、スペックル画像を取得したときと同じ光学系を用いて、全く同じスペックルパターンを照射し、画像の復号を試みた。

4. 研究成果

まず、図 2 の濃淡パターンに対する反射光、および透過光の応答を図 3、および図 4 に示す。図では、直接光を避けるために、下方にずらして撮影した濃淡パターンを示している。この結果、反射光の応答では、濃淡差がほとんど現れないのに対して、透過光ではある程度の差が現れることが分かった。このことから、シェアの照明方法は、反射型よりも透過型が適切であることが分かった。

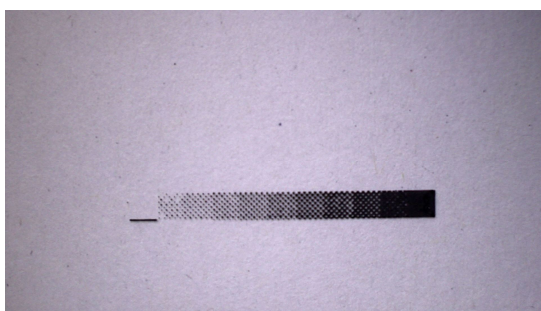


図 2 濃淡パターン



図 3 濃淡パターンの反射光

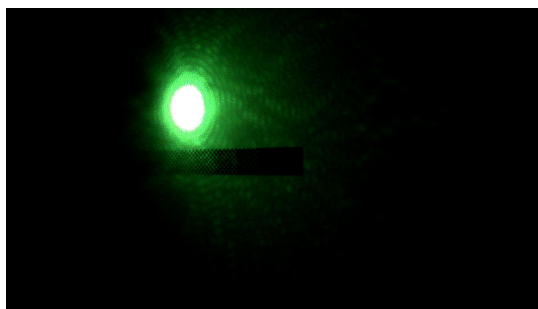


図 4 濃淡パターンの透過光

図 1 の光学系により得られたスペックルパターンを図 5 に示す。粗面として用いられた紙のミクロな構造は、有限な大きさの繊維であるため、得られたスペックルパターンは、中央部が明るく周囲が暗くなり、一様なパターンが得られなかった。そのため、得られたスペックルパターンを CCD カメラに取り込んだのち、中央部の明るい部分のみを切り出して、シェアを作成するためのランダムパターンとした。そのランダムパターンを図 6 に示す。そのパターンと秘密画像とのランダムな置き換えにより、元の画像が推測されないようなランダムで意味のないパターンとしてシェアを作成した。

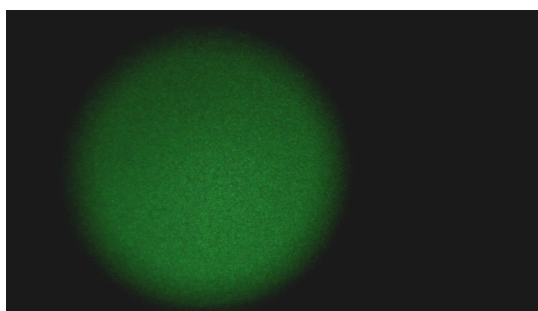


図 5 スペックルパターン

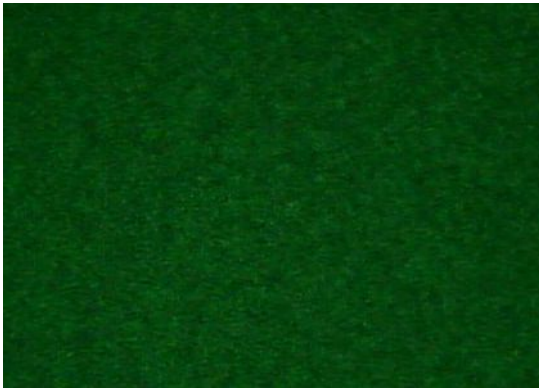


図 6 ランダムパターン

その際、スペックルパターンが連続した輝度分布であるために、秘密画像との単純な置き換えでは秘密画像の特徴が残ってしまい、元の画像が推測されてしまうため、置き換えを行う前に、スペックルパターンと秘密画像を2値化した(図7、図8)。

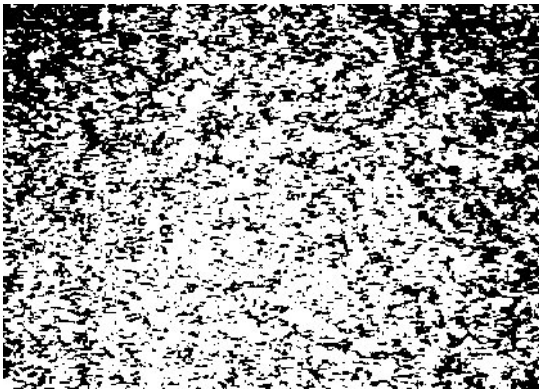


図 7 二値化されたランダムパターン



図 8 二値化された秘密画像

しかし、2値化したスペックルパターンと秘密画像を置き換えても、画像の中心部分と周辺部分で明るさが異なっているために、部分的に秘密画像の特徴が現れてしまい、完全にランダム化されたシエアが得られなかった(図9)。これは、散乱体である紙のミクロな構造が有限な大きさであるため、レーザー光の散乱角も有限となり、そのためそれらの干渉として生じるスペックルの平均強度は、散乱角が大きくなるに伴い小さくなることから避けられない現象である。この問

題に対して、得られたスペックルパターンの画像をいくつかの領域に分割し、それぞれに異なる閾値で2値化することにより平均強度の差を解消し、均一なランダムパターン(図10)を得ることに成功した。この均一化されたランダムパターンにより作成されたシエアを図11に示す。



図 9 二値化されたランダムパターンを用いたシエア

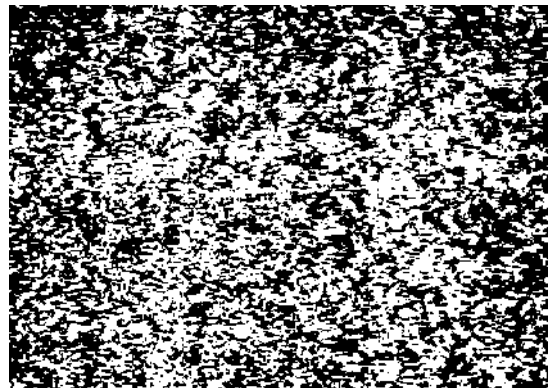


図 10 均一化されたランダムパターン

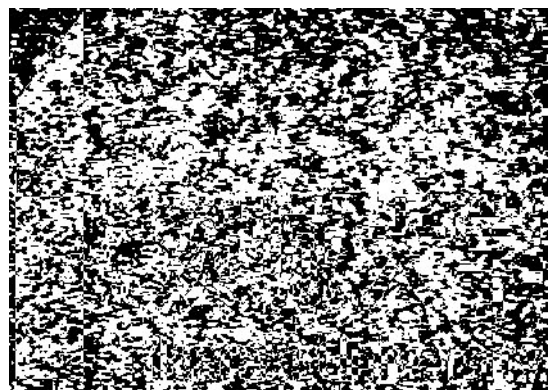


図 11 均一化されたランダムパターンを用いたシエア

第二の目的を実現するために、上記と同様の方法で作成したシエア(図12)をOHPに記録し、スペックルパターンを投影した摺りガラス上に設置し、シエアを作成した時と同じ散乱光を照射した。そして、シエアを通過した透過光を、シエアに焦点を合わせたCCDカメラで撮影した。シエアをOHPで作成した理由は、上記の濃淡パターンの実験に

よる結果に加えて、透過光を観察する光学系の方が、光軸が一直線となるために、扱いやすいという理由による。もちろん、反射型の光学系に変えれば OHP は必要ない。

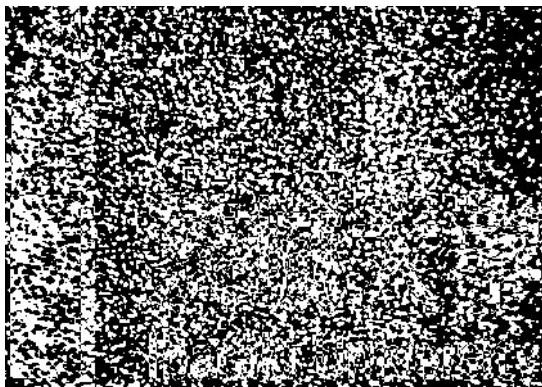


図 12 作成されたシェア

しかし、記録時とまったく同じ散乱光を照射したにもかかわらず、シェアを透過した光を CCD で記録した画像からは、秘密画像を確認することができなかった(図 13)。そこで、レーザー光を直接シェアに照射する前の段階として、スペckルパターンを同じパターンとシェアの積を計算したところ、ノイズとコントラストを調整すると、秘密画像を再生することができた(図 14)。これは、計算機上の積は、画像の強度分布情報のみを用いているのに対して、スペckル照明光には光の振幅に加え、位相の情報も含まれていることに起因していると考えられる。このことから、シェアに照射された散乱光の位相が、再生結果に影響を与えていることが示唆された。

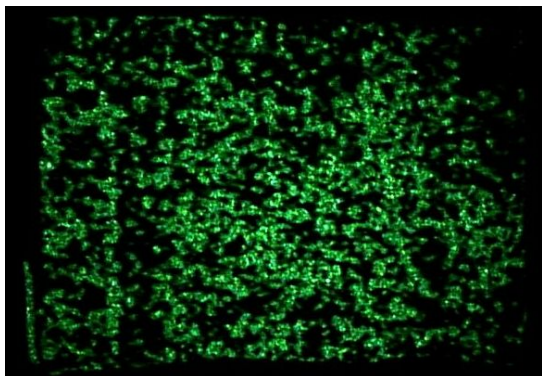


図 13 スペckル照射による再生像

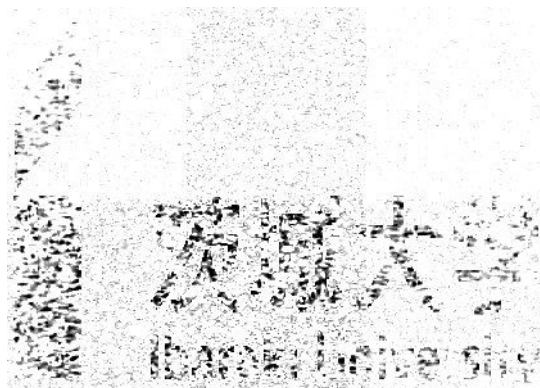


図 14 スペckルパターンとシェアの積による再生像

上記の結果を学術論文としてまとめ、産業応用工学会主催の国際会議、および論文誌(英語)に投稿し、斬新な発想と興味深い結果であり、国内外に例がない研究例として評価された。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 1 件)

Katsuhiro Uno, Hoan Hoa Tien Dung, "Visual Cryptography by Speckle Pattern Illumination", Journal of the Institute of Industrial Applications Engineers Vol.4, No.1, pp.26-32, (2016.1.25), 査読有
DOI: 10.12792/JIIAE.4.26

〔学会発表〕(計 1 件)

Katsuhiro Uno, Hoang H. T. Dung, "Visual Secret Sharing by Speckle Pattern Illumination", 3rd IIAE International Conference on Intelligent Systems and Image Processing, 2015.9.03, 福岡大学(福岡県福岡市)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

鵜野 克宏 (Katsuhiro Uno)
茨城大学・工学部・准教授

研究者番号: 10280710

(2) 研究分担者

無し

(3) 連携研究者

無し