

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 13 日現在

機関番号：12601

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2012～2015

課題番号：24650035

研究課題名(和文)連続階調画像のための拡張視覚復号型暗号

研究課題名(英文)Extended Visual Cryptography Scheme for Continuous-Tone images

研究代表者

山口 泰 (YAMAGUCHI, Yasushi)

東京大学・総合文化研究科・教授

研究者番号：80210376

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)：拡張視覚復号型暗号は、復号にあたって計算を必要とせず、視覚のみによって秘密画像を見ることが出来る画像である。その例として、何らかの画像が印刷された透明シートを重ねると、それまではなかった秘密画像が浮かび上がるものなどがある。これまで連続階調画像を暗号化するとハーフトーンなどの処理が加わるため画質の劣化が避けられなかった。本研究では、連続階調画像を対象とした拡張視覚復号型暗号をターゲットに、暗号画像自体にも連続階調利用する新たな暗号化方式を試みた。

研究成果の概要(英文)：Extended visual cryptography is a kind of cryptography which can be decrypted by only human visual system without any computation. For instance, a secret image can be reconstructed by stacking the transparent sheets with some other images. The conventional visual cryptography schemes are based on binary images and boolean operations. Therefore it is inevitable that encrypted and/or decrypted images are distorted by the encryption process when continuous-tone images are input to be encrypted. This study aims at improving the image quality by using continuous-tone with in the extended visual cryptography when continuous-tone images are to be encrypted.

研究分野：メディア情報処理

キーワード：視覚情報処理 画像処理 視覚復号型暗号

1. 研究開始当初の背景

視覚復号型暗号とは、復号の際に計算機による計算処理を行わず、視覚のみによって秘密画像を見ることが出来る暗号である。たとえば、図1のようにドットパターンの配置を調整することで、透明フィルムを重ねると画像が浮び上がるものがある。1つのピクセルを 2×2 のサブピクセルに分けて白黒2つずつとすると、図2の6種類のパターンが存在する。同じパターン同士が重なるとパターンは変わらないが、図2の上下の組が重なると全て黒になる。図1の例では、透明フィルムは砂の嵐状のランダムなドットパターンであるが、透明フィルム上にも意味のある画像があるものを拡張視覚復号型暗号と呼ぶ。従来の研究は暗号分野から発展したものであり、文字やロゴなどの2値画像や階調数の限られた画像が扱われ、写真などの連続階調画像を扱う研究は少なかった。特に既存研究では暗号化に伴う制約が厳しく、連続階調画像では画質の大幅な劣化が避けられなかった。本研究では、連続階調画像を対象とした拡張視覚復号型暗号化において、画質劣化を避ける手法の開発を目指した。



図1 視覚復号型暗号の例

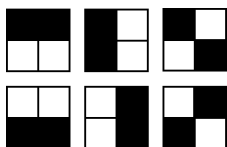


図2 サブピクセルのパターン

2. 研究の目的

これまで視覚復号型暗号は暗号としての安全性を重視し、実際に目で見える画像の質について配慮されることは少なかった。その結果、最終的に暗号化された画像は白黒のドットで構成される2値画像であり、暗号化対象となる原画像も文字やロゴなどの階調数の少ない画像であった。たしかに文字画像などの2値画像においては、暗号としての安全性が重要である。しかし、写真などの連続階調画像を扱う際には、画像が相互に干渉して他の画像の影が映り込むが、その影を分離することは信号分離と等しくほぼ不可能であり、暗号画像を抽出できないという観点で安全と言っても差し支えない。逆に影は画質劣化の要因となり、人間にとっての視覚的な品質という観点で無視するわけにいかなくなる。本研究は連続階調画像を暗号化した際の画質向上を目的とする点で、これまでの研究と大きく異なっている。この画質向上のために暗号化画像にも連続階調のピクセルを利用することを考える。すなわち、従来の視覚復

号型暗号とは、目的ならびに原理の両面でもっと異なる暗号化方式を志向する研究と言える。

3. 研究の方法

研究代表者は連続階調画像を対象とする拡張視覚復号型暗号の課題をまとめ、ピクセル拡大やコントラスト低下とともに、2値画像という階調の問題があることを明らかにした。従来の拡張視覚復号型暗号は主として2値画像を対象としていることから、写真などの連続階調画像を暗号化するためには、ハーフトニング処理の後に暗号化処理を施す必要があり、結果として大幅な画質劣化が避けられなかった。この問題を解決する糸口として、ハーフトニングと暗号化を並列に処理する新たな手法を開発することに成功し、この問題の解決の糸口が得られた。このような準備状況のもと、以下の基本方針に沿って本研究を進めた。

(1) 並列誤差拡散の洗練

研究代表者が開発したハーフトニングと暗号化を同時並列に処理する並列誤差拡散は、自由度が大きいために対象とする画像のパラメータをある程度コントロールできる。これを利用することで、暗号化の際に生じるピクセル拡大やコントラスト低下を抑えることが可能と見込まれた。すなわち、当面はピクセル拡大やコントラスト低下に起因した、2値画像にも共通する画質劣化を抑えるための並列誤差拡散の洗練を試みる。

(2) 連続値を用いた暗号化処理

暗号化にあたって、「白」(=完全な透過)と「黒」(=完全な不透過)の2値のみを用いることは、問題を組合せ最適化に帰着できるとともに局所的なコントラストを最大化する際にも有利になっている。しかし、現実世界の物理的な透過率は連続値であるし、画像によっては緩やかなグラデーションが含まれるものもある。フィルムの重ね合わせは各フィルムの透過率の積として得られることをベースとして、より物理現象に即した連続値による拡張視覚復号型暗号のモデル化を試みる。

4. 研究成果

並列誤差拡散法はピクセル拡大のない拡張視覚復号型暗号を実現する手法である。簡単のため、透明シート1, 2上の画像と復元される秘密画像に対応する3枚の連続階調画像を入力として、暗号化された2枚の透明シート画像を出力する問題を考える。処理はピクセル単位で進められ、入力された3ピクセルの値を $t_1^{(i)}, t_2^{(i)}, t_{12}^{(i)} \in [0, 1]$ とし、結果のピクセル値を $t_1^{(o)}, t_2^{(o)}, t_{12}^{(o)} \in \{0, 1\}$ とする。 $t_1^{(o)}$ と $t_2^{(o)}$ は透明シート画像のピクセル値であり、 $t_{12}^{(o)}$ はシート1と2とによって復元される秘密画像のピクセル値であり、 $t_{12}^{(o)} = t_1^{(o)} t_2^{(o)}$ を満たさなくてはならない。したがって、取り

うる結果のピクセル値 $(t_1^{(o)}, t_2^{(o)}, t_{12}^{(o)})$ は、 $(0, 0, 0)$, $(0, 1, 0)$, $(1, 0, 0)$, $(1, 1, 1)$ の4通りとなる。図3は並列誤差拡散法の処理を示したものである。3つのピクセル値は暗号化の制約を満たすように2値化されるとともに、そのための余分の誤差も近隣に拡散することで、全体としての階調を実現する。

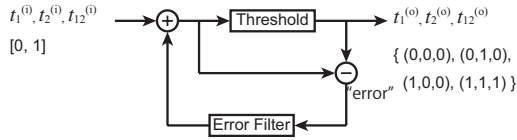


図3 並列誤差拡散法

次に n 枚の透明シートの組合せによって、 l 枚の秘密画像を復号することを考える。与えられるのは、透明シート用の画像 $t_i^{(i)} \in [0, 1]$ ($i=1, \dots, n$), 秘密画像 $t_{sj}^{(i)} \in [0, 1]$ ($j=1, \dots, l$), 秘密画像を復号する際の透明シートの組合せ S_j である。暗号化後の画像 $t_i^{(o)}, t_{sj}^{(o)} \in \{0, 1\}$ は、以下の制約を満たさねばならない。

$$t_{s_j}^{(o)} = \prod_{i \in S_j} t_i^{(o)}$$

暗号化が実現されるためには、入力されるピクセル値 $t_i^{(i)}, t_{sj}^{(i)}$ の間に、一定の条件が成り立つ必要がある。たとえば、透明シート画像のピクセルの1つ黒(0)の場合には、秘密画像のピクセルは黒(0)にしかなりえない。また、透明シート画像のピクセルがすべて白(1)だったとすると、秘密画像のピクセルは白(1)になる。透明シートの部分集合 S によって復号される秘密画像には、 S の分割 P に対応する透明シートおよび秘密画像との間に制約がある。分割の各要素 $Q \in P$ に対応する透明シートないし秘密画像 t_Q を重ねることで、部分集合 S に対応する秘密画像 t_s が復号される時、以下の3つの不等式制約が存在する。

$$\begin{aligned} t_Q - t_s &\geq 0 \quad \text{for all } Q \in P \\ \left(\sum_{Q \in P} (1 - t_Q) \right) - (1 - t_s) &\geq 0 \\ t_s &\geq 0 \end{aligned} \quad (1)$$

最初の不等式は、明るさに関する制約で、秘密画像 t_s は構成要素となる画像 t_Q のいずれよりも明るくならないことを意味している。2番目の不等式は、暗さに関する制約で、秘密画像の暗さ $1 - t_s$ は構成要素となる画像の暗さ $1 - t_Q$ の総和よりも暗くならないことを意味している。最後の不等式は、秘密画像のピクセル値 t_s が負にならないことを意味している。

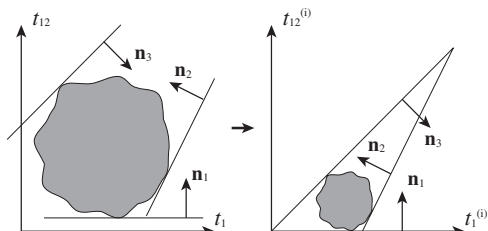


図4 最適階調変換の模式図

そこで並列誤差拡散による暗号化を行う前に、与えられた画像の全ピクセルが(1)式を満たすようにアフィン変換による階調補正 $t^{(i)} = \alpha t + \beta$ を施すものとする。すべての画像が同じ相対コントラスト α を持つものとする、このアフィン変換は等方的なスケールと平行移動からなる。このとき、不等式制約の各平面に平行な平面群を仮定すると、図4に示すように、いずれかの平面が当該領域にちょうど接するときの接点が、アフィン変換後においても不等式制約の平面に対する接点となる。結果として、暗号化を可能とする最適階調変換のパラメータ α, β は、次の手順で求められる。

1. (1)式の各不等式の左辺から、入力画像群 t_{sj} での

$$\min(t_Q - t_s), \quad \min\left(\sum_{Q \in S} (1 - t_Q) - (1 - t_s)\right), \quad \min(t_s)$$

を求める。

2. 以下の制約のもとで、 α を最大化するアフィンパラメータ α, β_Q, β_s を線形計画法によって解く。

$$\begin{aligned} \alpha \min(t_Q - t_s) + \beta_Q - \beta_s &\geq 0, \\ \alpha \min\left(\sum_{Q \in P} (1 - t_Q) - (1 - t_s) - \sum_{Q \in P} \beta_Q + \beta_s\right) &\geq 0, \\ \alpha \min(t_s) + \beta_s &\geq 0 \end{aligned}$$

ところで、(1)式の制約は黒領域と白領域の割合に関する制約であるから、個々のピクセルに対する制約ではなく、複数ピクセルからなる局所領域に対する制約と考えるべきである。つまり、与えられた画像そのものを階調変換した際に満たすべき制約ではなく、与えられた画像に平滑化フィルタを施した後の画像を階調変換した際に満たせば良いことになる。結果として、提案する拡張視覚復号型暗号化処理は、図5に示すような手順となる。

- (1) ガウスフィルタでぼかし画像を生成する。
- (2) (1)式を満たすアフィン変換パラメータを求める。
- (3) 入力画像にアフィン階調変換を施す。
- (4) 階調変換した画像に並列誤差拡散法を適用する。

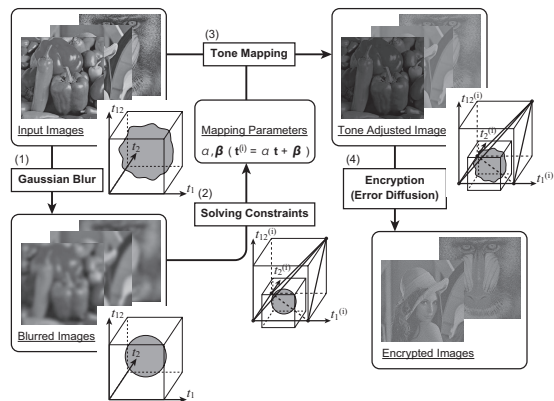


図5 手法全体の処理の流れ

この手法においてユーザ指定となる唯一のパラメータであるガウスフィルタのぼかし方（標準偏差）の効果を測定した。標準偏差を大きくすることで、相対コントラストを上げられるが、暗号化の際に誤差が大きくなる可能性がある。後者を測る指標として、暗号化された二値画像と単純な誤差拡散で得られる二値画像との PSNR の比を用いることにした。

$$PSNR\text{比} = \frac{PSNR(G_\sigma(t^{(o)}); t^{(i)})}{PSNR(G_\sigma(ED(t^{(i)})); t^{(i)})}$$

式中の $ED(t)$ は画像 t に通常の誤差拡散を施して得られる二値画像、 $G_\sigma(t)$ は画像 t にガウスフィルタを適用した結果画像、 $PSNR(t; t_{\text{org}})$ は画像 t_{org} を基準として計算された画像 t の PSNR 値を表している。つまり、PSNR 比とは単純に誤差拡散によって作られる二値画像に対して、どの程度画質が低下しているかを表す値となっている。

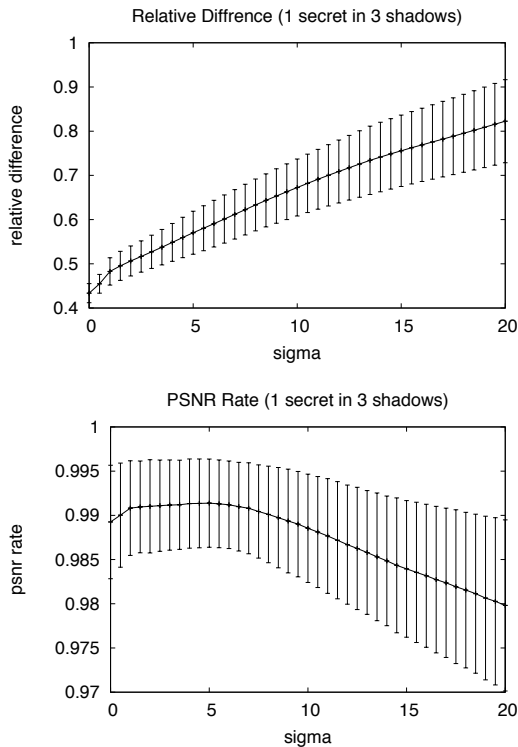


図6 ガウスフィルタの効果（標準偏差に応じた相対コントラストと PSNR 比の変化）

図6はガウスフィルタの標準偏差の変化に対する相対コントラスト（上）と PSNR 比（下）を示したものである。実験では様々なパターンを調べたが、ここでは紙面の都合で3枚のシート画像に1枚の秘密画像を埋め込んだ場合のものを示している。ガウスフィルタの標準偏差を大きくしてぼかしを強くすると相対コントラストは大きくなる。一方、PSNR 比は標準偏差が5前後までは改善し、8～10まではぼかしなしの場合よりも高くなっている。これは(1)式によって与えられる制約が個々の独立したピクセルではなく、近

傍の一定領域で満たすべき制約であることに由来するものと考えられる。

さらに、並列誤差拡散法において二値だけでなく $[0, 1]$ の範囲の連続値を許す方法を検討した。これまでのところ、誤差が適切に拡散されず、最適と呼べる状態を実現することは困難であることがわかった。今後は最適化手法を用いて連続値からなる視覚復号型暗号の実現を目指したい。

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12件）

- ① Ayumi Miyai and Yasushi Yamaguchi, "Development and Evaluation of Education Materials for Stereoscopic 3D Computer Graphics Animation", Proc. of SIGGRAPH Asia 2015 Symposium on Education, 査読有, 2015, A.2 (DOI: 10.1145/2818498.2818510)
- ② Kuniko Takahashi, Tomohiro Tachi, and Yasushi Yamaguchi, "Mesh Approximation for Generating Development with Creases and Slits", Journal for Geometry and Graphics, 査読有, Vol.19, No.1, 2015, pp.107-118. (<http://www.heldermann.de/JGG/JGG19/JGG191/jgg19008.htm>)
- ③ Taisuke Ohshima, Tomohiro Tachi, Hiroya Tanaka, Yasushi Yamaguchi, "Analysis and design of elastic materials formed using 2D repetitive slit pattern", Proc. of the International Association for Shell and Spatial Structures Symposium 2015, 査読有, IASS2015-526418, 2015, pp.1-12.
- ④ Tatsuya Yatagawa and Yasushi Yamaguchi, "Sparse Pixel Sampling for Appearance Edit Propagation", The Visual Computer, 査読有, Vol.31, No.6-8, 2015, pp.1101-1111 (DOI: 10.1007/s00371-015-1094-y)
- ⑤ Hiroshi Ueda, Kohske Takahashi, Katsumi Watanabe, Yasushi Yamaguchi, "Adding information does not necessarily help the motion perception: a study of the curtate cycloid illusion", Proc. of 7th Int'l Conference on Knowledge and Smart Technology, 査読有 2015, pp. 176-179. (DOI: 10.1109/KST.2015.7051482)
- ⑥ Yasushi Yamaguchi, "Extended Visual Cryptography for Continuous-Tone Images - Effect of the Optimum Tone Mapping -", The International Journal of Information and Communication Technology, 査読有, Vol.7, No.1, 2015, pp.25-39 (DOI: 10.1504/IJICT.2015.065997)
- ⑦ Tatsuya Yatagawa and Yasushi Yamaguchi, "Temporally Coherent Video Editing Using an Edit Propagation Matrix", Com-

- puters & Graphics, 査読有, Vol. 43, 2014, pp. 1-10 (DOI: 10.1016/j.cag.2014.05.001)
- ⑧ Peeraya Sripan and Yasushi Yamaguchi, "Assessment Method for an Edge Alignment Free Hybrid Image", Proc. of 16th Intl. Conf. on Geometry and Graphics, 査読有, 2014, pp. 81-92.
- ⑨ Yasushi Yamaguchi, "Extended Visual Cryptography Scheme for Multiple-Secrets Continuous-Tone Images", Lecture Notes in Computer Science, 査読有, Vol. 8363, 2014, pp. 25-41 (DOI: 10.1007/978-3-642-55046-1_2)
- ⑩ Tatsuya Yatagawa and Yasushi Yamaguchi, "A Template-Based Completion Framework for Videos with Dynamic Background", Lecture Notes in Computer Science, 査読有, Vol. 7432, 2012, pp. 155-165 (DOI: 10.1007/978-3-642-33191-6_16)
- ⑪ Peeraya Sripan and Yasushi Yamaguchi, "Shape-Free Hybrid Image", Proc. of the International Symposium on Non-Photorealistic Animation and Rendering, 査読有, ACM SIGGRAPH, 2012, pp. 11-19 (DOI: 10.2312/PE/NPAR/NPAR12/011-019)
- ⑫ Yasushi Yamaguchi, "An Extended Visual Cryptography Scheme for Continuous-Tone Images", Lecture Notes in Computer Science, 査読有, Vol. 7128, 2012, pp. 228-242 (DOI: 10.1007/978-3-642-32205-1_19)
- [学会発表] (計 23 件)
- ① Ching-Nung Yang, Jung-Kuo Liao, Fu-Heng Wu, and Yasushi Yamaguchi, "Developing Visual Cryptography for Authentication on Smartphones", EAI International Conference on Industrial IoT Technologies and Applications, 2016 年 3 月 24 日, 広州 (中国) .
- ② 上田大志, 高橋康介, 渡邊克巳, 山口 泰, "サイクロイド錯視による運動知覚と追従眼球運動への影響", 日本基礎心理学会第 34 回大会, 2015 年 11 月 28 日, 大阪樟蔭女子大学 (大阪府・大阪市) .
- ③ Suiyan Li and Yasushi Yamaguchi, "Real-time Ray-traced Collision Detection for Deformable Objects", 情報処理学会グラフィクスと CAD 研究会研究発表会, 2015 年 11 月 7 日, 神戸大学 (兵庫県・神戸市) .
- ④ Hiroshi Ueda, Kohske Takahashi, Katsumi Watanabe, Yasushi Yamaguchi, "Illusory motion perception and eye movements: a study of the cycloid illusion", European Conference on Eye Movements 2015, 2015 年 8 月 18 日, Vienna (Austria) .
- ⑤ 藤堂英樹, 山口 泰, "レイヤーアニメーションのためのシームレスな法線マップ連結手法", Visual Computing-グラフィクスと CAD 合同シンポジウム 2015 年 6 月 30 日, 姫路市市民会館 (兵庫県・姫路市) .
- ⑥ Muhammad Arief, Hideki Todo, Kunio Kondo, Koji Mikami, Yasushi Yamaguchi, "Practical Region Control in Projective Texture for Stylized Shading", SIGGRAPH Asia 2014 Posters, 2014 年 12 月 4 日, 深圳 (中国) .
- ⑦ Muhammad Arief, Hideki Todo, Yasushi Yamaguchi, Koji Mikami, Kunio Kondo, "Texture Projection Control for Hand-Drawn Gradient Shading", 日本図学会秋季大会, 2014 年 11 月 29 日, 東京藝術大学 (東京都・文京区) .
- ⑧ 山口 泰, "拡張視覚復号型暗号の画質改善", 日本図学会秋季大会, 2014 年 11 月 29 日, 東京藝術大学 (東京都・文京区) .
- ⑨ 上田大志, 高橋康介, 渡邊克巳, 山口 泰, "眼と手の同時運動反応課題によるギャップ効果の考察", 第六回多感覚研究会, 2014 年 11 月 12 日, 広島大学霞キャンパス (広島県・広島市) .
- ⑩ Kuniko Takahashi, Tomohiro Tachi, Yasushi Yamaguchi, "An Approximation Method of Triangular Mesh Models for Generating Development Diagrams with Creases and Slits", Intl. Conf. on Geometry and Graphics, 2014 年 8 月 5 日, Innsbruck (Austria) .
- ⑪ 藤堂英樹, 山口 泰, "陰影解析に基づく 2 次元イラスト画像のリライティング", Visual Computing-グラフィクスと CAD 合同シンポジウム, 2014 年 6 月 29 日, 早稲田大学 (東京都・新宿区) .
- ⑫ 谷田川達也, 山口 泰, "スパース放射基底関数マップによるリアルタイム画像・動画編集", Visual Computing-グラフィクスと CAD 合同シンポジウム, 2014 年 6 月 29 日, 早稲田大学 (東京都・新宿区) .
- ⑬ Hiroshi Ueda, Kohske Takahashi, Katsumi Watanabe, Yasushi Yamaguchi, "Interference of manual reactions by concurrent saccades: an analysis of the saccadic and manual gap effect", i-Perception, Asia-Pacific Conference on Vision 2014, 2014 年 6 月 19 日, かがわ国際会議場 (香川県・高松市) .
- ⑭ 高橋都子, 舘知宏, 山口 泰, "折り目と切れ目を利用した三角形メッシュの展開図作成について", 情報処理学会グラフィクスと CAD 研究会研究発表会, 2013 年 11 月 28 日, 九州大学 (福岡県・福岡市) .
- ⑮ 山口 泰, "複数の連続階調秘密画像を埋め込める拡張視覚復号暗号", 日本図学会秋季大会, 2013 年 11 月 16 日, ホテル大観 (岩手県・盛岡市) .
- ⑯ 谷田川達也, 山口 泰, "非対称類似度行列の低ランク近似による時間連続性を考慮した動画編集法", 日本応用数理学会 2013 年度年会, 2013 年 9 月 11 日, アクロ

- ス福岡（福岡県・福岡市）。
- ⑰ 山口 泰, “複数の秘密画像を扱う連続階調画像の視覚復号型暗号”, 日本応用数理学会 2013 年度年会, 2013 年 9 月 11 日, アクロス福岡（福岡県・福岡市）。
- ⑱ 谷田川達也, 山口 泰, “編集シーンの変化を考慮した動画編集法”, 第 16 回画像の認識・理解シンポジウム MIRU2013, 2013 年 7 月 30 日, 国立情報学研究所（東京都・千代田区）。
- ⑲ 高橋都子, 舘知宏, 山口 泰, “多面体メッシュの折り目と切れ目を含んだ可展形状近似”, 日本図学会春季大会, 2013 年 5 月 11 日, 産業技術短期大学（兵庫県・尼崎市）。
- ⑳ 谷田川達也, 山口 泰, “フレーム間の連続性を保持する動画編集法”, 情報処理学会グラフィクスと CAD 研究会研究発表会, 2012 年 12 月 3 日, 横浜国立大学（神奈川県・横浜市）。
- 21 Peeraya Sripian, Yasushi Yamaguchi, “Shape-free hybrid image effects of artificial noise and complementary color”, European Conference on Visual Perception 2012, 2012 年 9 月 2 日, Alghero (Italy).
- 22 Peeraya Sripian, 山口 泰, “物体形状に依存しないハイブリッド画像の作成手法”, 情報処理学会グラフィクスと CAD 研究会研究発表会, 2012 年 8 月 29 日, 九州大学（福岡県・福岡市）。
- 23 谷田川達也, 山口 泰, “動的背景を含む動画に対する補完手法の高速化”, Visual Computing-グラフィクスと CAD 合同シンポジウム, 2012 年 6 月 23 日, 早稲田大学, (東京都・新宿区)。

〔図書〕（計 4 件）

- ① Peeraya Sripian, Hirotaka Suzuki, Yasushi Yamaguchi eds., “The 10th Asian Forum on Graphic Science - Program and Abstracts”, Japan Society for Graphic Science, 2015, 92 pages.
- ② 山口 泰, “Java による 3DCG 入門”, 朝倉書店, 2015, 166 pages.
- ③ Yasushi Yamaguchi, “Image Synthesis in Consideration of a Human Visual System”, in The Visual Language of Technique (Luigi Cocchiarella ed.), 2015, pp. 65-79 (DOI: 10.1007/978-3-319-05341-7_4)
- ④ 山口 泰, “視覚で復号する暗号画像 一目で見てわかる暗号とは?”, 東京大学教養学部編「高校生のための東大授業ライブガクモンの宇宙」, 2012, pp. 18-28).

〔産業財産権〕

○出願状況（計 4 件）

名称：折り畳み構造物、ならびに、折り畳み構造物の製造方法、製造装置、および、プログラム

発明者：舘 知宏, 山口 泰, Evgueni T. Filipov, Glancio H. Paulino
 権利者：国立大学法人東京大学
 種類：特許出願
 番号：特願 2015-160229
 出願年月日：2015 年 8 月 14 日
 国内外の別：国内

名称：Moving Picture Editing Device and Method

発明者：山口 泰, 谷田川達也
 権利者：国立大学法人東京大学
 種類：PCT 出願
 番号：PCT/JP2013/081019
 出願年月日：2013 年 11 月 18 日
 国内外の別：国外

名称：多面体メッシュから可展性の高い部分領域を生成する方法、当該方法を用いた多面体メッシュの可展化方法、及び、これらの方法を実行するコンピュータプログラム、多面体メッシュから可展性の高い部分領域を生成する装置、当該方法を用いた多面体メッシュの可展化装置

発明者：山口 泰, 舘 知宏, 高橋 都子
 権利者：国立大学法人東京大学
 種類：特許出願
 番号：特願 2013-100115
 出願年月日：2013 年 5 月 10 日
 国内外の別：国内

名称：動画編集方法及び装置

発明者：山口 泰, 谷田川達也
 権利者：国立大学法人東京大学
 種類：特許出願
 番号：特願 2012-256274
 出願年月日：2012 年 11 月 22 日
 国内外の別：国内

○取得状況（計 1 件）

名称：ボリュームデータの実時間レンダリング方法及び装置
 発明者：山口 泰, 高棹大樹, 金井 崇
 権利者：国立大学法人東京大学
 種類：特許
 番号：特許 第 5419044 号
 取得年月日：2014 年 2 月 19 日
 国内外の別：国内

6. 研究組織

(1) 研究代表者

山口 泰 (YAMAGUCHI, Yasushi)
 東京大学・総合文化研究科・教授
 研究者番号：80210376