

機関番号：16101

研究種目：若手研究 (B)

研究期間：2009～2010

課題番号：21760040

研究課題名 (和文) 空間符号の多層化により三次元表示とセキュア表示を再構成する
複合ディスプレイ研究課題名 (英文) 3-D and secure composite display by use of layered spatial codes
研究代表者

山本 裕紹 (YAMAMOTO HIROTSUGU)

徳島大学・大学院ソシオテクノサイエンス研究部・講師

研究者番号：00284315

研究成果の概要 (和文)：三次元表示とセキュア表示の複合表示ディスプレイの設計を明らかにすることを目的として、偏光演算型表示ハードウェアの試作、多層の偏光符号の構築を行った。映像信号の暗号化と両眼観察位置の限定を行うセキュアな三次元表示を達成するディスプレイの空間符号を構築し、表示ハードウェアを固定したままで、表示される空間符号によりセキュア表示、三次元表示、セキュア三次元表示、通常二次元表示の表示機能の再構築を実現した。

研究成果の概要 (英文)：A novel versatile information display is proposed in this study. The proposed information display enables multiple display functions which include 3-D display, secure display, and conventional 2-D display. Reconfigurable display functions have been demonstrated by use of by use of prototype display and layered spatial codes.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	2,100,000	630,000	2,730,000
2010年度	1,300,000	390,000	1,690,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,400,000	1,020,000	4,420,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：応用物理学・工学基礎 ・ 応用光学・量子光工学

キーワード：ディスプレイ、情報セキュリティ、3次元表示、光コンピューティング、偏光演算、光暗号、セキュアディスプレイ、液晶ディスプレイ

1. 研究開始当初の背景

情報通信技術による社会活動や情報機器の日常生活への浸透とともに、情報のセキュリティの確保がますます重要になっている。情報システムにおいて、記録媒体中やネットワーク上の多くの情報がディスプレイを介してユーザーに伝達される。これまで、ビットデータとして存在する情報の安全性確保には各種の暗号化が用いられている。さらに、本特集でも解説されるように、先端的な個人認証技術の開発が進んでいる。

しかしながら、復号後の情報が観察者の網

膜に伝達されるまでの過程のリスクが残る。たとえば、表示画像の覗き見、復号後のデータの解読、ならびに映像信号の傍受のリスクがある。従来の暗号技術は通信データや保存データを保護するが、表示データを保護できない。表示画像の覗き見、復号後のデータの解読、ならびに映像信号の傍受のリスクが存在する。また、画面の覗き込みを防止ために視野角制限フィルタや指向性限定液晶フィルタが実用化されているが、映像信号は暗号化されていない。どこでもいかなる情報にもアクセスできる情報環境を実現するために、

情報表示に関するセキュリティ技術が必要である。

一方で、三次元 (3D) 表示に代表されるように、豊かな情報表現が情報ディスプレイに期待されるようになってきている。3D ディスプレイであっても、ユーザーがこれまで慣れ親しんだ二次元 (2D) 表示の切り替え機能が求められている。

したがって、状況と利用目的に応じてセキュア表示や 3D 表示、さらにセキュアな 3D 表示、従来型の 2D 表示など多機能を切り替え可能な多機能情報ディスプレイが求められている。

2. 研究の目的

本研究の目的は、映像信号の暗号化と同時に観察領域の限定を可能にする情報表示のセキュリティ技術、三次元表示技術を複合化するディスプレイの設計を明らかにすることである。セキュア表示、三次元表示、通常二次元表示とこれらの複合と混在を可能にする多層型ディスプレイを設計して、情報ディスプレイ機能を映像信号のみで書き換える多機能表示を実証する。

3. 研究の方法

(1) 偏光演算型ディスプレイの製作

液晶ディスプレイパネルを積層することで、偏光面の回転角度による演算結果を示すディスプレイを製作する。偏光演算型ディスプレイは、バックライト、偏光フィルム、複数枚の液晶パネル (液晶ディスプレイから偏光フィルムとバックライトが取り除かれたもの)、偏光フィルムで構成される。液晶ディスプレイの間にある間隔を設けることで視差を利用した表示が可能である。

実際に、2枚の液晶ディスプレイパネルを1cmの間隔で積層した偏光演算型ディスプレイ、ならびに3枚の液晶ディスプレイパネルを1cmの間隔で積層した偏光演算型ディスプレイを製作する。製作した偏光演算型ディスプレイを用いて空間符号と視差の組み合わせによる情報表示の切り替えを実証する。これらに必要な多段の偏光演算を行う偏光符号を構築する。

(2) セキュア・3D 複合表示の実現

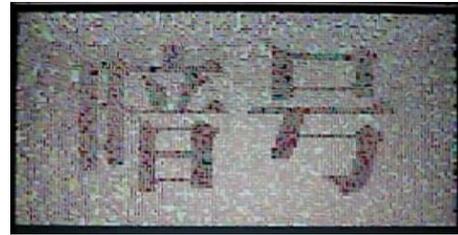
視覚復号型暗号に代表される光暗号と奥行き融合錯視による 3D 表示 (DFD 表示) を複合化する空間符号を構築して、セキュア 3D 表示が可能となることを実証する。

4. 研究成果

(1) 偏光演算型ディスプレイによる多機能切り替え表示

製作した偏光演算型ディスプレイに対して表示画像を更新するだけで、ハードウェアを固定したままで表示機能の再構成を行っ

た結果を図 1 に示す。覗き込みを防止するセキュア表示においては正面でのみ復号結果が観察される。3D 表示においてはタイトルの奥行きが知覚された。また、1 層のみに映像を表示することで従来型 2D 表示の切り替えも達成された。



セキュア表示における復号画像



セキュア表示を下方から観察した結果



3D 表示を正面から観察



3D 表示を視点位置を変えて観察



従来型の 2D 表示

図 1 偏光演算型ディスプレイに表示する空間符号の書き換えによるセキュア表示/3D 表示/2D 表示の再構成結果。

さらに、偏光演算型ディスプレイ特有の表示として空間符号により 2 方向に異なる情報を再現した結果を図 2 に示す。従来のデュア

レビューと呼ばれる表示では水平方向の解像度が半分に低下したのに対して、本研究では画像情報を各層に配分することで水平方向の解像度低下無く表示がなされた。

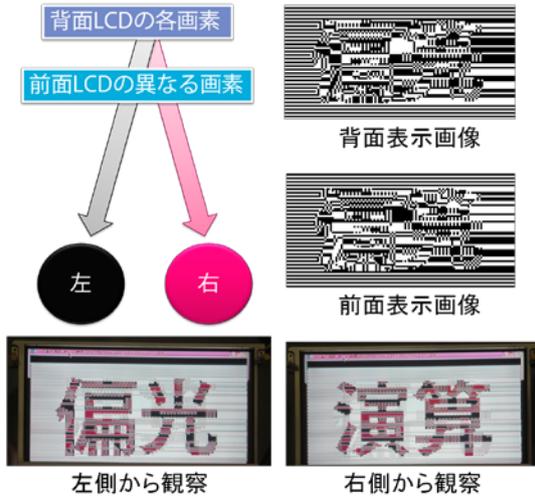


図 2 偏光演算型ディスプレイに表示された空間符号の積層による 2 方向表示の実現。

(2)セキュア 3D 複合による DFD 復号型暗号

構成した DFD 復号型暗号の例を図 3 に示す。図中 (a) に示すように、濃度値を不規則に設定した 1 枚の画像を復号用の鍵として用意する。この場合 3 階調の濃度を用いた鍵パターンが用意されている。図中 (b) に示すとおり、もう 1 枚の画像の各画素の濃度を秘密画像の画素値に応じて定める。同図 (a) と (b) を積層すると輝度比に応じた奥行きに知覚される。

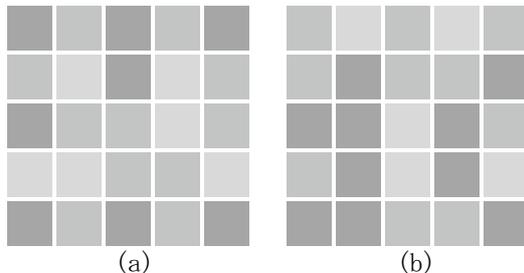


図 3 DFD 復号型暗号における表示画像。

復号実験の結果を図 4 に示す。図はステレオ型 3D カメラで撮影された左眼用画像及び右眼用画像である。DFD により秘密画像の文字を形作る画素が手前側 (下段左) あるいは奥側 (下段右) に認識されることで、文字 (T) が復号された。

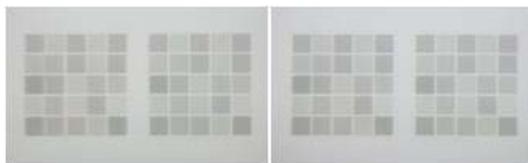


図 4 DFD 復号型暗号の観察結果。

(3)今後の展望

本研究の特色は、ソフトウェアだけで情報ディスプレイの指向性、観察領域を制御する新しいディスプレイのアーキテクチャを示している点にある。図 5 に示すように、従来のディスプレイ研究は、セキュリティや三次元表示などの特定の評価軸上の性能向上を目指して来た。電子ディスプレイ技術の進展で得られた膨大な画素数を三次元映像の指向性を増やす方向 (図の縦軸)、あるいは情報漏洩防止機能の強化 (図の横軸) である。本研究はこれらの軸の間で状況に応じた表示機能を実現する新領域のディスプレイ技術である。ソフトウェアにより実効的な構造を可変にすることで表示機能の複合化と再構成を行う。

情報ディスプレイには TPO に応じて多彩な機能が求められている。通常の二次元表示、セキュリティが確保された情報表示、三次元表示、セキュリティが確保された三次元表示など多彩な機能をソフトウェアで再構成可能になれば、ディスプレイを利用した情報インタフェース機能に革新をもたらすと期待される。

現状のディスプレイは、表示機能の可塑性に乏しい。通常は二次元表示で固定であり、最先端のもので覗き見防止などの機能切り替えスイッチが付く程度である。携帯電話の入力においては、入力ボタンを排除して、タッチパネル上で入力画面を再構成することで、直感的かつ柔軟で多用な入力操作を可能にした。同じような変革を表示機能にもたすことが、本研究で期待される。本研究は映像出力を利用したインタフェースの技術革新に貢献するものである。

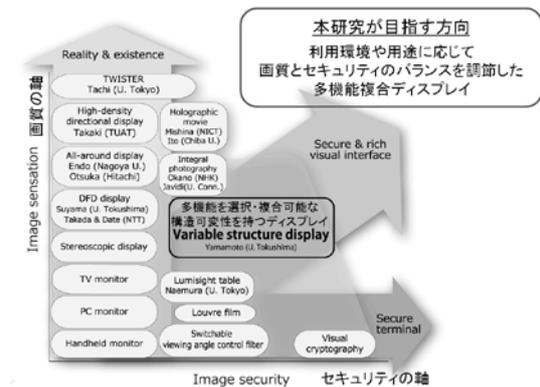


図 5 多機能複合ディスプレイの特色。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 (計 6 件)

- ① 山本裕紹, "液晶パネルを用いたセキュアディスプレイ", 液晶, Vol. 14, No. 4, pp. 255-262 (2010). [査読有]

- ② H. Yamamoto, T. Kimura, S. Matsumoto, and S. Suyama, "Viewing-Zone Control of Light-Emitting Diode Panel for Stereoscopic Display and Multiple Viewing Distances," *Journal of Display Technology*, Vol. 6, No. 9, pp. 359-366 (2010). [査読有]
- ③ H. Yamamoto, H. Nishimura, K. Uchida, K. Ono, Y. Hayasaki, and S. Suyama, "Depth Perception for Moving Pictures Shown on a Large LED Display with an Aperture Grille," *J. Soc. Inf. Display*, Vol. 17, No. 12, 1031-1036 (2009). [査読有]
- ④ T. Imagawa, S. Suyama, and H. Yamamoto, "Construction of Visual Cryptography by Use of Polarization-Modulation Films," *Jpn. J. Appl. Phys.*, Vol. 48, No. 9, 09LC02 (2009). [査読有]

[学会発表] (計 36 件)

- ① 山本裕紹, 陶山史朗, "DFDに基づく視覚復号型暗号", 第 58 回応用物理学関係連合講演会, 2011 年 3 月 25 日, 厚木市.
- ② H. Yamamoto, K. Kajimoto, and S. Suyama, "Secure display with head-tracking viewing zone," IDW'10 (The 17th International Display Workshops), 2010 年 12 月, 福岡市.
- ③ 山本裕紹, "視野制御によるディスプレイ新技術", フォトニクス技術フォーラム 第 2 回光情報技術研究会, 2010 年 10 月 15 日, 徳島市. [招待講演]
- ④ H. Yamamoto, T. Inoue, K. Sadakuni, and S. Suyama, "Perceived depth change by decreasing visual acuity in a dominant eye on binocular stereoscopic imaging," ECVP'10 (33rd European Conference on Visual Perception, 2010 年 8 月 26 日, ローザンヌ市 (スイス).
- ⑤ 山本裕紹, "イントロダクトリートーク: アンコンシャス画像技術とその応用", 第 57 回応用物理学関係連合講演会, 2010 年 3 月 18 日, 平塚市. [招待講演]
- ⑥ 山本裕紹, "光演算によるディスプレイのセキュリティ技術", 第 5 回 光応用新産業創出フォーラム, 2010 年 2 月 26 日, 港区. [招待講演]
- ⑦ H. Yamamoto, T. Imagawa, and S. Suyama, "Visual cryptography by use of polarization," *Multimedia and Mobile Devices 2010, Electronic Imaging 2010*, 2010 年 1 月 18 日, サンノゼ市 (アメリカ合衆国).
- ⑧ 山本裕紹, "空間符号化によるディスプレイの視野制御技術", 第 19 回 オプテ

ィクス教育研究セミナー, 2009 年 11 月 27 日, 宇都宮市. [招待講演]

- ⑨ 山本裕紹, "クロージングトーク 3 次元像形成ディスプレイ技術の展望", 日本光学会年次学術講演会 Optics & Photonics Japan 2009 in 新潟, 2009 年 11 月 25 日, 新潟市. [招待講演]
- ⑩ H. Yamamoto, T. Kimura, S. Matsumoto, and S. Suyama, "Viewing-zone control of large full-color LED display for 3-D and digital signage," 2009 IEEE Industry Applications Society Annual Meeting, 2009 年 10 月 7 日, ヒューストン市 (アメリカ合衆国).
- ⑪ 山本裕紹, 梶本和孝, 今川貴紀, 陶山史朗, "ランダム偏光変調フィルタを復号用マスクに用いるセキュアディスプレイ", 第 70 回応用物理学学会学術講演会, 2009 年 9 月 10 日, 富山市.
- ⑫ 山本裕紹, 今川 貴紀, 梶本 和孝, 陶山史朗, "偏光式視覚復号型暗号とセキュアディスプレイ応用", 第 3 回新画像システム・情報フォトンクス研究討論会, 2009 年 5 月 20 日, 目黒区.

[その他]

- ① 源内大賞 (財団法人エレクトロニクス尾崎財団) を受賞 (2011 年 3 月 25 日) 受賞テーマ「3 次元セキュアディスプレイに関する研究」
- ② *Nature Photonics* 誌における news&views 欄において, ディスプレイのセキュリティ問題に対する注目すべき取り組みとして "Hirotsugu Yamamoto from the University of Tokushima proposed an answer to this problem..." と, 1 カラムもの分量でセキュアディスプレイに関する研究の報道がなされた. [Noriaki Horiuchi, "Spotlight on Japanese science," *Nature Photonics*, Vol. 5, pp. 615-616 (2009).]
- ③ 研究成果の一部は徳島大学広報誌において一般向け記事としてホームページ上で解説が記されている. 掲載 URL : <http://www.tokushima-u.ac.jp/docs/2011031500344/files/saisentan141.pdf>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

山本 裕紹 (YAMAMOTO HIROTSUGU)
徳島大学・大学院ソシオテクノサイエンス
研究部・講師
研究者番号: 00284315

(2) 研究分担者

()

研究者番号:

(3) 連携研究者 ()

研究者番号：