



映像投影を用いた紙媒体の秘匿と選択的視覚化に関する基礎検討

Basic Study on Concealment and Selective Visualization of Paper Media Using Projection Mapping

阪口紗季¹⁾

Saki SAKAGUCHI

1) 東京都立大学 システムデザイン学部 (〒 191-0065 東京都日野市旭が丘 6-6, s_saka@tmu.ac.jp)

概要: 文書のデジタル化が進んだ現代でも依然として仕事場では紙媒体が使われることが多い。本研究では、紙媒体のプライバシー保護を企図し、ノイズ映像の投影とアクティブシャッター方式の 3D メガネによる視界の制御を用いて紙媒体の秘匿状態をユーザごとに変えられる手法を提案する。本稿では、システムのプロトタイプと秘匿に適したノイズパターンについて検証した結果について報告する。

キーワード: 情報提示、プロジェクタ、秘匿、紙媒体

1. はじめに

文書のデジタル化が進んだ現代でも依然として仕事場では紙媒体が使われることが多い。リモートワークが普及し、個人の作業スペースは必ずしも固定的ではなく、自宅やコワーキングスペースなどで仕事をするケースが増えた。しかしながら、このような共有スペースで仕事をする場合、同居家族や他人には見られたくない紙の書類やノートの取扱いは難しいという課題がある。これに対し本研究では、紙媒体に記された情報を秘匿する方法と、その秘匿された部分を特定の人にだけ閲覧可能にする手法を検討してきた [1]。具体的には、紙媒体に対してランダムに図形が配置されるようなノイズ映像をプロジェクタで投影することによって紙媒体に記された情報をカモフラージュし、秘匿する。そして、プロジェクタ映像の点滅と同期させたアクティブシャッター方式の 3D メガネ (以下、3D メガネと記す) をかけたユーザにだけ、カモフラージュが解除され紙媒体の情報を閲覧可能にする手法である。この手法により、共有スペースにおいて個人作業を行う状況でも作業者は紙の書類やノートを人目を気にせず利用できるよになったり、実環境内においてユーザごとに紙媒体の可視・不可視状態を変え、紙媒体の公開範囲が設定可能になることを期待する。本稿では、システムのプロトタイプと秘匿に適したノイズ映像のパターンについて検証した結果について報告する。

2. 関連研究

2.1 映像投影によって物体の見た目を変える手法

これまでに、プロジェクションによって物体の見た目を変える手法が提案されている。Iwai らは机の上に積み重なった書類に映像を投影し、下層の書類を可視化するシステムを提案している [2]。このシステムでは、あらかじめ撮影された下層の書類の画像に位置調整と輝度補正を加えたものを上層の書類に対して投影することにより、上層の書類を

擬似的に透明化し、下層の書類にアクセスできるようにしている。Okutani らは映像投影によって物体の形状を擬似的に変化させる手法を提案している [3]。平らな投影面に対し、立体的な奥行き情報を持つ画像を投影する。この画像は両眼視差が考慮されたステレオ映像になっており、ユーザは 3D メガネをかけることによって投影面が立体的に見える。Fukiage らによる変幻灯は、静止画に対して動き情報のみの映像を重ねて投影することにより、静止画が動いているように見せることを可能にしている [4]。Inami らは再帰性反射材でできた素材に覆われた人や物体に対し、背景と同じ映像を投影することにより、人や物体を透明化する手法を提案している [5]。これらの手法では、実物体に映像をプロジェクションすることにより、物体の色や形や動きを変えたり、物体を透明化したりすることが可能である。本研究でも、映像投影を用いて実物体の見た目を変える点でこれらの研究に類似するが、紙の文書のカモフラージュに映像投影を用いる例はまだ存在しない。

2.2 ユーザごとに同一場の見え方を変える手法

同一のディスプレイから出力される複数の映像の光を偏光フィルタによってそれぞれ異なる偏光方向にし、ユーザの偏光メガネの装着の有無や視点位置によってユーザごとに異なる映像を見せる手法が提案されている [6][7]。また、視界制御フィルムを用いることで、ユーザは裸眼状態であっても視点位置によって異なる映像を見ることができると発表されている [8][9]。これらの手法では光学素子を用いて同一のディスプレイに表示される映像を、ユーザごとに変えることが可能であるが、本研究ではディスプレイではなく紙の書類などの実物体や実環境を対象にしている点で差異がある。実環境を対象にしたものとしては、異なるメガネをかけたユーザごとに違った照明環境を提示する手法が提案されている

[10]。しかし、プロジェクション映像を用いて局所的な実環境や実物体の見た目をユーザごとに異なるように見せる手法についてはまだ検討されていない。本研究では実物体の中でも特に紙の書類の見え方をユーザごとに変える手法の実現を目標とする。

3. 提案手法

提案システムは、プロジェクタ、3Dメガネ、3Dメガネのシャッター開閉を制御する装置、PCで構成される(図1)。プロジェクタは机の上に設置され、机上面に向けて映像を投影する。本プロトタイプでは、CASIO製のDLPプロジェクタ(CX-F1)を使用した。投影する映像は、テレビの砂嵐を模したノイズ映像であり、紙媒体に重なることによって、紙に記された文字や線などの情報がカモフラージュされる。ノイズ映像として、円や四角形、文字列がランダムな位置に複数表示されフェードアウトしていく処理を30fpsで繰り返し行うものを作成した。3Dメガネには、DLP Linkでのシャッター同期が可能なものを使用した。一般的なアクティブシャッター方式の3Dメガネは右目用と左目用のシャッターが液晶パネルによって交互に開閉するものだが、本システムでは、両目とも同じように開閉するように改変したものを用いる。プロジェクタから投影されるノイズ映像を点滅させ、それに合わせて、映像が消えているときに3Dメガネのシャッターが開くように開閉周期を設定する。本プロトタイプでは、3Dメガネのシャッター開閉を制御する装置として、DLP Linkによる3D映像対応のDLPプロジェクタ(LG製PH550G)を用いた。このプロジェクタから投影される映像内の信号を、3Dメガネに搭載された受光機が受信し、シャッターの開閉タイミングが同期される。ユーザが装着する3Dメガネに加え、ノイズ映像用のプロジェクタのレンズ部にも、同じ3Dメガネを取り付けた。これにより、3D映像対応のDLPプロジェクタが机上面に投影する映像内の信号によって、ユーザが装着する3Dメガネと同じ周期でプロジェクタのレンズに取り付けた3Dメガネもシャッター開閉を行いノイズ映像を点滅させることが可能である。この手法により、3Dメガネをかけた人にだけノイズ映像が見えなくなり、紙媒体に記された情報にアクセスできるようになる(図2)。

4. 秘匿に適したノイズパターンの検証

紙に記された文字の種類と、投影するノイズ映像のパターンの組み合わせによって、秘匿の度合いが変化する可能性が考えられる。そこで、秘匿に適したノイズパターンについて検証した。本検証では、紙の文書として日本語と英語の2種類を用意し、それぞれに対して、単純図形で構成されるノイズパターン2種類と文字列で構成されるノイズパターン2種類を投影し、写真撮影によって秘匿度合いを確認した。本検証で用いたノイズ映像投影用プロジェクタの解像度は1280×800、リフレッシュレートは60Hz、輝度は500~1000lmであった。紙の文書は一般的な文書作成ソ

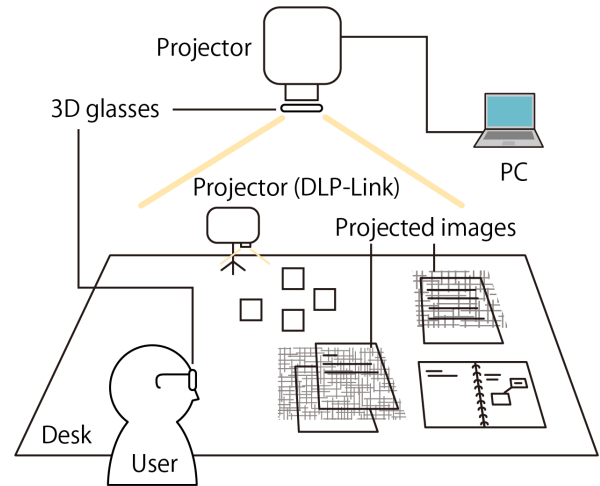


図1: システム構成。

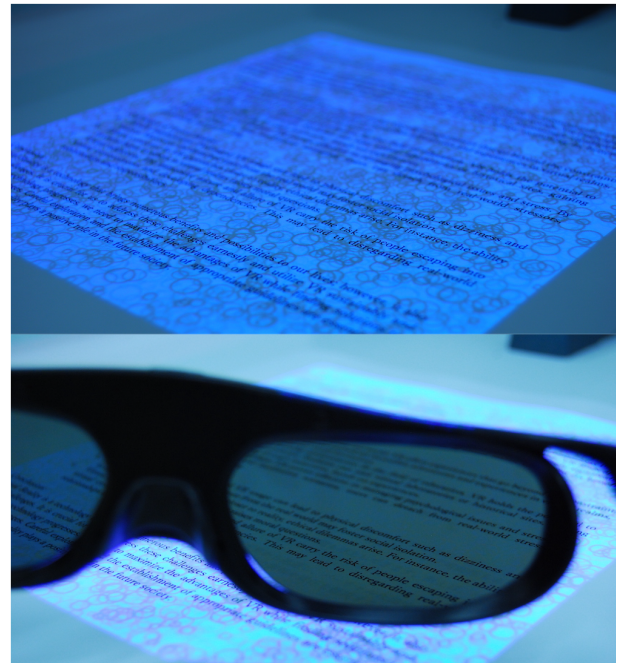


図2: 紙媒体に対するノイズ映像の投影 (上), 3Dメガネを通して見た様子 (下)。

フトウェアを用いて、文字フォントは游明朝、文字サイズは9ptで文章を記述し、A4サイズの用紙に印刷したものを用いた。文章の内容はChatGPT¹に「バーチャルリアリティに関するエッセイ」を日本語で作成してもらったものと、それを英語に訳してもらったものを使用した。写真撮影はデジタル一眼レフカメラを用いて行い、シャッタースピード、絞り、ISO感度はすべての条件で同じ設定で撮影を行った。検証結果を図3に示す。どのノイズパターンでも紙に記された文字の可読性が下がることが確認できたが、日本語の文書に日本語の文字列のノイズ映像、英語の文書に英語の文字列のノイズ映像を投影した条件では特にカモフラージュの度合いが強くなり秘匿に適していることが示唆された。

¹<https://openai.com/blog/chatgpt> (2023/7/19 確認)

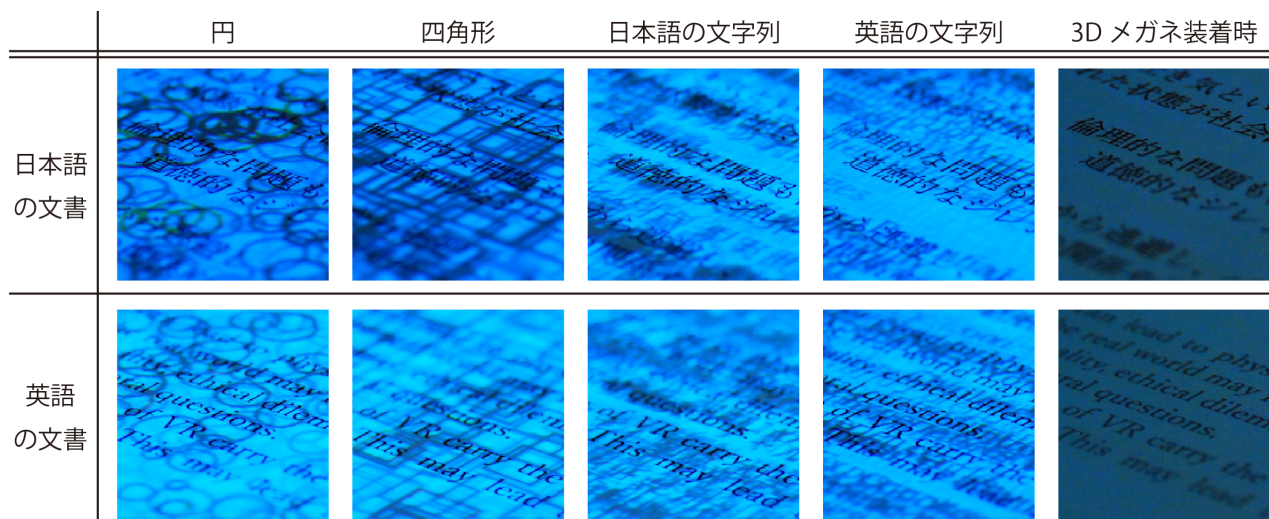


図 3: 検証結果.

5. おわりに

本稿では、紙媒体に記された情報をノイズ映像の投影によって秘匿し、その秘匿された部分を3Dメガネをかけた特定の人だけに閲覧可能にするシステムのプロトタイプを示した。現在のプロトタイプでは、ノイズ映像の投影によって紙の文書の可読性が下がることと、3Dメガネによってノイズ映像が消え、紙の文書を視認できることを確認した。また、紙の文書を秘匿するのに適したノイズパターンを検証した結果、紙の文書と同じ言語の文字列で構成されるノイズ映像が秘匿に適していることが示唆された。今後はノイズ映像と紙の文書の組み合わせによる秘匿度合いについて、ユーザ評価によって客観的に検証する必要がある。また、本システムを実用化するために、ユーザが秘匿したい部分を指定できるようなインタフェースを実装する予定である。

参考文献

- [1] Sakaguchi, S.: Basic Study on Creation of Personal Vision by Projection Mapping. in 2022 Nicograph International (NicoInt), pp.103–103 (2022).
- [2] Iwai, D., Sato, K.: Document search support by making physical documents transparent in projection-based mixed reality. *Virtual Reality*. vol.15, pp.147–160 (2011).
- [3] Okutani, N., Takezawa, T., Iwai, D., Sato, K.: Stereoscopic Capture in Projection Mapping. in *IEEE Access*, vol.6, pp.65894–65900 (2018).
- [4] Fukiage, T., Kawabe, T., Sawayama, M., Nishida, S.: Animating Static Objects by Illusion-Based Projection Mapping. *Journal of the Society for Information Display*, Vol.25, No.7, pp.434–443 (2017).
- [5] Inami, M., Kawakami, N., Tachi, S.: Optical camouflage using retro-reflective projection technology. *The Second IEEE and ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality*, 2003. *Proceedings*. pp.348–349 (2003).
- [6] 櫻井 智史, 北村 喜文, スリラム サブラマニアン, 岸野 文郎: 回転偏光フィルタにより情報の可視性を制御するテーブルトップ型ディスプレイ. *情報処理学会論文誌*, Vol.50, No.1, pp.332–343 (2009).
- [7] Suzuki, H., Hsieh, R., Shirai, A.: ExPixel: PixelShader for Multiplex-Image Hiding in Consumer 3D Flat Panels. *ACM SIGGRAPH 2014 Posters*, Article No.63 (2014).
- [8] Matsushita, M., Iida, M., Ohguro, T., Shirai, Y., Kakehi, Y., Naemura, T.: Lumisight Table: A Face-to-Face Collaboration Support System That Optimizes Direction of Projected Information to Each Stakeholder. *Proceedings of the 2004 ACM Conference on Computer Supported Cooperative Work*, pp.274–283 (2004).
- [9] Takenawa, M., Kikuchi, T., Yahagi, Y., Fukushima, S., Naemura, T.: ReQTable: Square tabletop display that provides dual-sided mid-air images to each of four users. *ACM SIGGRAPH 2022 Emerging Technologies*, Article No.8 (2022).
- [10] Ota, K., Ban, Y., Fukui, R., Warisawa, S.: Light 'Em: A Multiplexed Lighting System. *SIGGRAPH Asia 2019 Emerging Technologies*, pp.29–30 (2019).