

投影型 AR 技術における視認性向上のための 投影色調整手法の検討

数田 直之^{†1} 阿部 亨^{†1,†2} 菅沼 拓夫^{†1,†2}

^{†1} 東北大学大学院情報科学研究科 ^{†2} 東北大学サイバーサイエンスセンター

1 はじめに

近年、工場等での作業に必要な情報を作業者に提示する方法として、拡張現実 (AR) 技術が注目されている。AR 技術を用いることによって、作業時間の短縮と間違いの削減が可能であるとされる [1]。中でも投影型 AR 技術は、プロジェクタにより情報を対象へ直接投影することにより、複数の利用者間での情報共有が容易であるという利点を持ち、特に注目されている。しかし、プロジェクタから投影された映像は、投影箇所の状態により見え方が変化するため、映像中の情報の視認性が十分に確保できない場合がある。移動を伴う作業を目的としてモバイルプロジェクタを利用する場合、設置型のプロジェクタと比較してプロジェクタの光量が低いため、投影箇所に抛る視認性の低下は特に問題になる。

投影箇所によって見え方が変化するという問題に対処するために、投影箇所の状態によらず、なるべく元の画像に近い色調を再現しようとする手法 [2] が複数提案されている。しかし、作業支援のための情報の提示を前提とする場合は、提示情報の色調の再現よりも、作業箇所や作業内容を指示する文字・図形の視認性を高める (早く読み取れるようにする) ことがより重要となる。本研究ではカメラ映像から推定された投影箇所の状態を考慮して、モバイルプロジェクタが投影する映像の色調を、映像中の文字の視認性が高くなるように調整する手法について検討する。

2 関連研究と課題

投影型 AR 技術において、文字の視認性を向上させるために、プロジェクタ、投影箇所、カメラの特性をモデル化し、視認性の改善を行う手法 [3] が提案されている。この手法は、文字の視認性に大きな影響を与える背景色と文字色のコントラストに注目し、模様のない単色の投影箇所に対して、より視認性の高い文字の投影を実現している。

プロジェクタが投影する映像の視認性が投影箇所の色や形のみでなく、投影箇所の模様にも影響を受けることが知られている。プロジェクタから投影した模様の視認性に関する研究 [4] においては、プロジェクタの投影光を吸収する灰色の面よりも、白

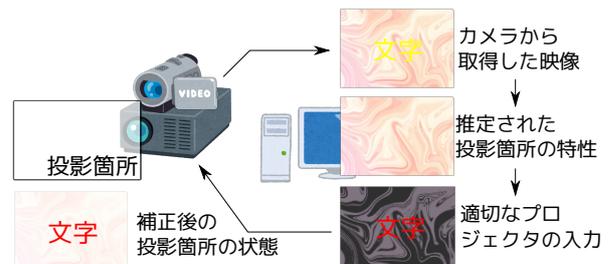


図 1: 提案システムの概要

い背景に文字が印刷された面に模様を投影した場合において視認性が低くなることが示されている。

先行研究 [3] においては単色の背景のみを対象として視認性の改善を行っているため、背景の模様による視認性の低下には対処できない。投影対象の模様を考慮することによってより高い視認性を確保できると考えられる。

3 提案

作業支援向けの投影型 AR システムが提示する情報 (文字・図形) の視認性を向上するために、本研究では、提示情報以外の模様 (投影箇所の元の模様) の影響を低減する手法を検討している。具体的には、投影箇所をカメラにより撮影できる画素ごとの微小領域に分割し、微小領域ごとに投影箇所の特性を推定する。その後、プロジェクタの入出力特性を考慮し、プロジェクタの入力を視認性が高くなるように調整する (図 1)。

3.1 投影箇所の状態の推定

提案システムでは、カメラ、プロジェクタ、投影箇所のそれぞれに固有の特性がある。カメラは入射光を関数 f_c で変換したものを出力の画像とし、プロジェクタは入力された映像を関数 f_p で変換したものを出力とする。カメラやプロジェクタは非線形特性を持つため、 f_c, f_p はともに非線形の関数として表現される。これらの関数は投影箇所によらず一定であるため、システムの利用前に予め計測しておくことが可能である。一方、本研究はモバイルプロジェクタを利用し、様々な投影箇所への投影に対応するための研究であるため、投影箇所の特性はシステムの利用中に変化する。提案システムでは、カメラで撮影した映像を利用して、投影箇所の特性 (投影箇所がプロジェクタから受けた光の色に対する、システム利用者が見る光の色) を表現する関数

A Study of Color Control to Improve Legibility of Projected AR Contents

Naoyuki KAZUTA^{†1}, Toru ABE^{†1,†2},
and Takuo SUGANUMA^{†1,†2}

^{†1}Graduate School of Information Sciences, Tohoku University

^{†2}Cyberscience Center, Tohoku University

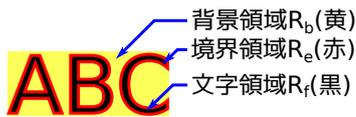


図 2: 文字の視認性評価に利用する領域

f_t を推定する。

先行研究 [3] においては、投影箇所の特性が一樣である (模様がない) と仮定しており、模様のある投影箇所を正しくモデル化することが出来ない。本研究では、カメラによって撮影された画像中の各画素値をそれぞれ利用して投影箇所の特性を推定し、模様を適切にモデル化することを目指す。

3.2 プロジェクタの入力の調整

視認性の高い投影パターンを生成するために、本研究では視認性の評価関数を用意し、評価値が最も高くなる映像をプロジェクタへ入力する。投影箇所を撮影したカメラ映像中の、図 2 に示す領域 R_e, R_f, R_b を利用して、視認性の評価関数 E を式 (1) のように定義した。

$$E = \sum_{i \in R_e} |\nabla P_i| - \alpha \sum_{j \in R_f} |\nabla P_j| - \beta \sum_{k \in R_b} |\nabla P_k| \quad (1)$$

$$|\nabla P_x| = \sqrt{|\nabla \{P_x\}_r|^2 + |\nabla \{P_x\}_g|^2 + |\nabla \{P_x\}_b|^2} \quad (2)$$

式中の $\{P_x\}_r, \{P_x\}_g, \{P_x\}_b$ は点 x における画素値の、それぞれ赤、緑、青の要素である。

式中の第 1 項は、文字の視認性評価に広く利用される、背景色と文字色のコントラストを表現する項である。第 2 項及び第 3 項は文字領域内及び背景領域内にある模様の影響の度合いを評価する項であり、これらは定数 α, β で重み付けする。

4 実験

提案手法の実装、評価に先立ち、投影箇所の模様がモバイルプロジェクタが投影する文字の視認性に与える影響を調査するために、20 代の被験者 4 人を対象にして、2 種類の投影箇所に投影した文字の読み取り時間を測定する実験を行った。読み取り時間が短いほど、視認性は高いものと仮定する。

4.1 実験方法

A3 の普通紙に、図 1 にあるようなまだら模様を印刷した。また、この模様の色を平滑化した単色塗りつぶしを、同様の普通紙に印刷した。次に、2 つの紙を横並びに壁に貼り付け、その前 130cm の位置にモバイルプロジェクタ (400-PRJ021) を設置した。被験者はスクリーンの正面 240cm の位置に座り、プロジェクタが投影する文字を読み取る。文字の高さは 5cm、色は白で、ランダムな大文字のアルファベット 3 文字を投影した。文字は 2 種類の投影箇所にランダムに、図 3 のように投影される。

被験者は、ランダムに投影されるアルファベットを読み取り、読み取れたらボタンを押し、その後、読み取った文字を書き取る。実験では、文字が表示されてから被験者がボタンを押すまでの時間を計



図 3: 実験環境

測した。被験者は約 10 回の練習の後、20 回連続で文字の読み取りを行った。

4.2 実験結果

実験結果を表 1 にまとめた。被験者 B-D は模様の有無によらず同程度の時間で読み取りをしたが、被験者 A は模様があると読み取り時間が著しく長くなった。誤読はほとんどなかった。

表 1: 実験結果

被験者	読取時間平均 (秒)		誤読回数	
	模様有	模様無	模様有	模様無
A	1.318	1.144	1	0
B	1.368	1.398	0	0
C	0.992	1.043	0	0
D	2.516	2.449	0	0
全体	1.645	1.419	1	0

実験結果から、模様が視認性に影響を与える場合があることがわかったが、その影響は想定より小さかった。原因は、今回利用したまだら模様が薄い模様であったこと、位置によって模様の密度に偏りがあったことであると考えられる。

5 おわりに

本稿では、投影箇所に模様がある場合を想定した、文字の視認性向上のための投影色の調整について提案した。また、投影箇所の模様が文字の視認性に与える影響を調査するための実験を行った。今後は、どのような模様の投影箇所が視認性に大きな影響を与えるかの調査に加え、その影響を低減するための手法の改善、実装及び評価を進める。

参考文献

- [1] Gattullo, M. et al.: From Paper Manual to AR Manual: Do We Still Need Text?, *Procedia Manufacturing* 11, pp. 1303-1310 (2017).
- [2] Bokaris, P. et al.: One-frame delay for dynamic photometric compensation in a projector-camera system, *IEEE ICIP*, pp. 2675-2679 (2015).
- [3] 越後佑暉: 投影型 AR 技術を用いた作業支援における情報の視認性向上のための投影光制御手法, 東北大学大学院 修士学位論文 (2017).
- [4] Funk, M. et al.: Automatic Projection Positioning based on Surface Suitability, *ACM PerDis*, pp. 75-79 (2016).