

3次元カラープリンタ出力へのプロジェクタ投影重畳による高コントラスト立体ディスプレイ

学籍番号：90158073 佐藤（宏）研究室 島津 冴子

1 はじめに

近年、計測技術やシミュレーション技術の発達により立体物の形状情報とその詳細な色情報をデジタル化できるようになった。それに伴い、これらの情報を分かりやすく表示するディスプレイへのニーズが高まり、HDR テレビや3次元プリンタなど様々なディスプレイシステムが登場している。しかし、これらのディスプレイはそれぞれ平面的であったりコントラストが低かったりと、高コントラスト・立体的な表示を同時に実現することができない。本研究では、立体的で実在感の高い3次元カラープリンタ出力に対して、プロジェクタから投影重畳を行うことで高コントラストな表示を行うシステムを提案する。提案システムの外観イメージを図1に示す。

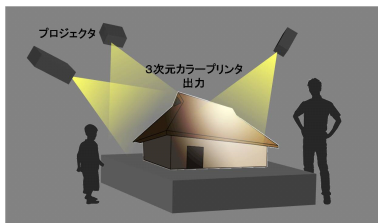


図1: 提案システムの外観イメージ

2 提案手法

提案システムは、1. 高コントラスト画像の分割 2. 投影対象物体の位置推定 3. 複数台プロジェクタの最適配置の決定の3つのフェーズから成り立つ。

1. 高コントラスト画像の分割 対象物体のテクスチャがコントラスト $L:1$ の HDR 画像であるとき、線形圧縮によってその輝度を調整し、平方根を取ることでコントラスト $L_1:1$ の3次元カラープリンタ出力と $L_2:1$ のプロジェクタ出力に分割する。これらを重畳すると、投影結果のコントラストは $L_1L_2:1$ となり、それぞれのデバイスのみの出力よりも高コントラストな表示を行うことができる。最終的に、求められた出力値にそれぞれのデバイスの入出力変換関数を適用することで入力値を決定する。

2. 投影対象物体の位置推定 投影重畳を行うために、実世界に設置した3次元カラープリンタ出力とプロジェクタの相対的な位置関係および対象物体の形状情報との対応関係を求める。まず、あらかじめプロジェクタのキャリブレーションを行い、グレーコードパタン投影法により対象物体の一部の形状情報を取得する。続いて、ICP アルゴリズムによって、得られた計測データと既知である対象物体全体の形状情報とのマッチングを行うことでその対応関係を得る。これらの結果から、プロジェクタにどのような画像を入力すれば実世界に設置された3次元カラープリンタ出力に重畳することができるかが求められる。

3. 複数台プロジェクタ最適配置の決定 あらかじめ対象物体の周囲に複数のプロジェクタ設置候補点を定め、その中から複数台プロジェクタの最適配置を求め、対象物体の全面に投影を行う。それぞれの設置候補点から投影可能な面は、その投影方向ベクトルと面法線ベクトルの内積によ

て判断する。その情報をもとに、なるべく少ない数のプロジェクタ設置点を選択し、それぞれのプロジェクタから投影する面を決定する。

3 実験と結果

以下の実験によって提案システムの動作を確認すると共にその結果を評価した。

1. 重畳投影実験 高コントラスト表示の有効性を確かめるため、高コントラストの色情報を与えた立体物のデータから実際に3次元カラープリンタ出力とプロジェクタ出力を作成し、暗室環境下で1台のプロジェクタのみを用いて重畳投影を行った。図2に結果を示す。ただし、(a)と(b)は露光時間0.1秒で撮影したときの3次元カラープリンタ出力及び提案システム、(c)と(d)は露光時間8.0秒でのプロジェクタ出力及び提案システムである。この結果より、提案システムは3次元カラープリンタ出力のみやプロジェクタ出力のみと比較して暗い部分も明るい部分も良好に諧調を表現できており、高コントラストに表示されていることがわかる。理論上の重畳投影結果のコントラストは2,308:1となった。

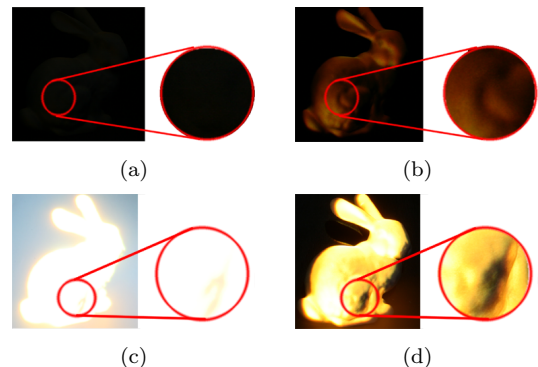


図2: 結果と他のデバイス出力との比較

2. マルチプロジェクションのシミュレーション 仮想空間上で対象物体の周囲に40箇所のプロジェクタ設置点を設定し、最適配置を求めた。結果として11箇所の候補点を選択され、全体の67%の面に投影を行う事ができた。投影されなかった面は、床に近い面など通常ユーザの視点からも見え難い点であったため、マルチプロジェクションによってユーザの視点位置の自由度を高めることができたと考えられる。しかし、実際に実世界で設置をする場合にはプロジェクタ設置点が限られることを考慮し、今後アルゴリズムを改善する必要がある。

4 まとめと今後の課題

3次元カラープリンタ出力にプロジェクタ投影重畳を行うことで、高コントラストかつ立体的な表示を行うディスプレイシステムを提案した。また、実験によって高コントラスト表示とマルチプロジェクションの有効性を確認した。今後、プロジェクタ最適配置決定アルゴリズムを改善すると共に色情報の再現性を高めてゆきたい。