

学位論文審査の結果の要旨

報告番号	先端科学技術甲第 161 号	氏名	千葉 堯
論文題目	トーラス状不可能図形の描画のための錯視立体表現モデルの研究		
論文審査委員会	委員(主査)D○合	高橋 時市郎	教授 (情報通信メディア工学専攻)
	委員(副査)D○合	鉄谷 信二	教授 (情報通信メディア工学専攻)
	委員(副査)D○合	長谷川 誠	教授 (情報通信メディア工学専攻)
	委員(副査)D○合	森谷 友昭	准教授 (情報通信メディア工学専攻)

研究の背景・目的

不可能図形というトリックアートがある。これは錯視図形の一つで、一見すると 3 次元立体として実現可能なようにイメージできるが、実際には人間の視覚が解釈した通りには実現不可能な錯視図形である。不可能立体は、立体と名前が付いているがあくまで印象(または、印象上の立体)であるとされる。すなわち、ヒトが不可能図形を見ると、脳内では不可能立体をイメージするものの、その不可能立体を現実には作成することはできない。この矛盾が混乱や違和感を生み、不可能図形のトリックアートとしての面白さになっている。

不可能図形の中には、ヒトの視覚が解釈した形状に限らなければ、3 次元立体として実現可能な立体がある。そのような立体は、ヒトの解釈した形状とは大きく異なる。しかし、ある特定の視点から見た場合、その立体は観察者の目には錯視によって不可能図形として映り、不可能立体としての印象を想起させる。この実現可能な立体を錯視立体と呼ぶ。

三次元コンピュータグラフィックス(3DCG)では、実現可能な立体として表現された錯視立体を、視点の移動に応じて再モデリングし、不可能図形のアニメーションを実現する手法が既に提案されている。しかしながら、それらの手法は不可能図形の表示に特化するあまり、一般的な 3DCG モデルと共存することは十分に考慮されていなかった。

また、印象上の立体としての不可能立体に対して、その影はどう見えるべきか、あるいはその影をどう描くべきか、議論されていなかった。

研究の内容

錯視立体を、レンダリング環境に依存しない 3DCG モデルとして与える。錯視立体が不可能図形として見える特定の視点から移動して、元の錯視立体を見ると、最早、錯視立体ではなくなる。そこで、錯視立体の 3DCG モデルを、視点の動きに応じて動的に再モデリングし、元の立体を錯視立体として見せるアルゴリズムが提案されている。

本論文では、錯視立体をレンダリング環境に依存しない 3DCG モデルとして用意すること。用意された錯視立体を、視点の動きに応じて変形させるアルゴリズムを考案すること。その結果、視点の位置を自由に移動させて、錯視立体を表現できるモデルを構築した。これを錯視立体表現モデルと呼ぶ。さらに、不可能図形の影の在り方について考察し、その付影処理手法を提案した。主観評価実験により、提案手法の有用性を検証している。

研究の成果

本論文で提案された錯視立体表現モデルは、ゲームエンジン等の通常のレンダリング環境で、一般的な 3DCG モデルと共存して、不可能図形を描画可能となった。そのため、高度な陰影処理やテクスチャマッピング処理が可能となるなど、表現力が大幅に向上した。視点が大きく移動しても、同じ立体が変形して生じる錯視であることをロバストに印象付ける表現力があるという優位性も有している。研究成果を以下にまとめる。

1. 自動再モデリング処理により、視点を変更しても不可能図形を表示できる。
2. 錯視の印象がロバストであり、視点を替えても同じ立体の変形と感じられる。
3. ゲームエンジンのような、通常のレンダリング環境上に実装可能である。
4. 一般的な 3DCG モデルと共存して描画可能である。

また、錯視立体の付影処理については、印象上にしか存在しない不可能立体の影の在り方について論じ、その要件を満たす影を生成する手法として、Shadow Illusion Objects 法を提案した。Shadow Illusion Objects 法による影は、現実の物体の光源と影と観測者の関係をもとにして構築されているため、影から錯視立体の仕組みが露呈することがない。Shadow Illusion Objects 法の具体的な実装結果により、観測者の主観評価実験を行い、手法の妥当性を検討している。主観評価実験の結果から、Shadow Illusion Objects 法による影は、不可能立体の影として正しく認識されるだけでなく、不可能図形自体の不思議さと存在感を向上させ、他の 3DCG モデルとの共存感を増加させることが明らかになった。錯視立体の付影処理手法の特長を以下にまとめる。

1. 付影処理により、他の 3DCG モデルとの共存感を増幅させる傾向があった。
2. 想起させた不可能立体の影であると正しく認識される影が描画可能となった。
3. 影により、不可能図形の不思議さと存在感を向上させることが可能となった。

審査の結果

本論文は、一般的な 3DCG モデルと共存可能な錯視立体表現モデルの構成法とその実装を通じての有用性の検証、および不可能図形の影の在り方に関する考察を踏まえた付影処理方法の考案と実験による有効性の確認を行っている。この成果は、

- [1] 千葉 堯, 森谷 友昭, 高橋 時市郎, 一般的な 3DCG モデルと共存可能な錯視立体表現モデルおよび付影処理手法, 画像電子学会誌, Vol.51, No.1, pp.37-49 (2022).

としてまとめられている。

以上、本論文において著者が検討して得た結論に記された事柄は、錯視に関する学際的研究分野に新しい知見を提供すると同時に、ゲーム、VR、ロゴや商標などデザイン性の高い意匠の新しい表現技術へも応用可能な点で極めて有用であると判断できることから、本論文の価値は工学的、工業的な観点からも十分に評価できる。よって、本論文は博士（工学）の学位論文として十分な価値を有するものと認められる。