

学位論文内容の要旨

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		

不可能図形というトリックアートがある。これは錯視図形の種類で、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、存在感もあるが、実際には人間の視覚が解釈したとお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。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が、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。3DCG で表現した錯視立体を視点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していて、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。

そこで、本論文では、レンダリング環境に依存しない 3DCG モデルとして与えられる錯視立体と、その 3DCG モデルを視点に応じて動的に再モデリングするアルゴリズムとから構成される、錯視立体表現モデルを提案する。本モデルは、錯視立体を再モデリングした結果から想起される印象の奥行感を、不可能立体の奥行感と一致させる処理を、レンダリング・パイプラインに副作用を与えずに行うことができるので、一般的な 3DCG モデルと共存可能である。さらに、不可能図形の影の在り方について考察し、その考察に基づいた付影処理手法を提案する。論文は全 6 章からなっている。

第 1 章は、不可能立体という印象上にしか存在しえない立体と、不可能立体を観察者に想起させるトリックアートである不可能図形、不可能図形を描くための錯視立体という、それぞれの概念を整理する。従来から利用されてきた不可能図形の応用の比較を行い、本研究で錯視立体の 3DCG 表現をするに至った理由を論じている。

第 2 章は、描画対象の不可能図形と、それを表示する錯視立体表現モデルについて述べている。また、錯視立体表現モデルと、他の一般的な 3DCG モデルとを共存させて描画す

るために必要な条件を論じている。

第 3 章は、錯視立体表現モデルを用いた従来研究を取り上げ、各従来研究において困難な事柄を述べ、本研究の優位な点について述べている。提案手法は、従来研究と比較して、通常のレンダリング環境で、他の一般的な 3DCG モデルと共存させて描画することができる点、印象がロバストであり、他の視点から見ても同じ立体の変形だと感じられる点に優位性がある。

第 4 章は、提案した錯視立体表現モデルの詳細について述べている。改良元の既存表現モデルとの座標系・初期形状定義の違い、共通する変形処理、既存表現モデルで発生する問題について述べ、その問題を修正するための変形処理について論じている。描画結果の比較を行い、第 2 章で挙げた、他の一般的な 3DCG モデルとの共存可能条件を全て満たすことを示している。また、通常のレンダリング環境上に実装可能になった利点として、形状の応用や、高度なテクスチャマッピング処理が可能となった。

第 5 章は、錯視立体の付影処理手法の詳細について述べている。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 法を提案している。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。

第 6 章は、本論文の結論を論じている。提案した錯視立体表現モデルには、次の特長がある。

- 1：自動的な再モデリング処理により、視点を変更しても不可能図形として見え続ける。
- 2：印象がロバストであり、他の視点から見ても同じ立体の変形だと感じられる。
- 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：他の一般的な 3DCG モデルと共存して描画可能である。

これにより、研究者でない開発者がゲーム等に不可能図形のアニメーションを組み込むことが可能になったほか、VR への表示等の応用が考えられる。錯視立体の付影処理手法では、次の特長、および事柄が明らかになった。

- 1：影により他の 3DCG モデルとの共存感を増加させることが可能となった。
- 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。

本論文では、提案手法の詳細に加え、主観評価実験の詳細、また今後の展望についても報告する。