

報道機関 各位

国立大学法人 電気通信大学

## 透明物体の内部や曲がった反射面上に歪みのない 空中像を表示する手法を開発

### 【ポイント】

- \* レイトレーシング法を用いた透明物体や反射面形状による空中像の歪みの補正手法を開発
- \* 実物体の内外に動的かつフルカラーの映像を表示可能
- \* 平面にとらわれない新たなディスプレイ形状の探求が期待される

### 【概要】

電気通信大学大学院情報理工学研究科の小泉直也准教授らの研究グループは、コンピュータグラフィックス（CG）の手法であるレイトレーシング法<sup>[1]</sup>を用いて、屈折面の内側や反射面上に歪みのない空中像を表示する技術を開発しました。これによって実物体の内外に動的かつフルカラーの映像を表示できるようになり、平面にとらわれない新たなディスプレイの実現が期待されます。

特殊な光学素子を用いて実空間の何もない中空にデジタル映像を表示する空中像表示技術の開発が進み、実空間においてCGキャラクターなどとのインタラクションが実現されつつあります。一方で、曲がった鏡上や水晶玉の内部といった屈折面の内側や反射面上に空中像を表示する際には空中像が歪んでしまうという問題がありました。

そこで今回、小泉准教授らは、レイトレーシング法によるシミュレーションを用いて、歪みのない空中像を表示させる光線経路を計算し、これを実際の空中像光学系に適用して歪みが補正されたきれいな空中像を表示させることに成功しました。将来、例えばガラスの彫刻や大理石などの反射面をデジタルサイネージ<sup>[2]</sup>として活用することなどが可能になると見込まれます。

本研究の成果はバーチャルリアリティに関する国際学会「IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces 2022」で発表しました。

### 【背景】

空中像は光源の光を光学素子によって反射・屈折させることで、実空間上に実像を結像させる技術です。実空間上で実物体とCG映像がインタラクションするシステムが実現できる技術として実用化が期待されています。

空中像を結像するための光学素子に、再帰透過光学素子（MMAAP : Micro-mirror array plate）があります。光源からの光をMMAAPに対して面対称な位置に当てると、空中像として結像させることができます。ただ、その場合、MMAAPと空中像が観察者の同一視線上に存在することから、観察者が空中像を覗き込む際に光学素子も同時に目に入ってしまい、見え方が不自然になるという課題があります。この解決策として、空中像とMMAAPの間に屈折・反射面を配置し、観察者が直接MMAAP

を見られないようにする光学系が考えられますが、その際に映像に歪みが生じたり、その歪みを補正するために物体を加工しなければならなかったりする手間が生じていました。

## 【手法】

今回、レイトレーシング法を用いたシミュレーションを活用し、屈折・反射面によって空中像に生じる映像歪みを補償する手法を提案しました。シミュレーション内において、視点から光学系に対して歪みのない空中像が見える時の視点映像の情報を、光線に対して付与しながら光線追跡を行い、屈折・反射による映像歪みを打ち消すような光源画像を生成することで、結像される空中像の歪みを補正します。

本手法によって生成された光源画像と空中像を図1に示します。さらに、本手法を使って生成された光源画像を用いた場合と、用いなかった場合における空中像の形状を比較しました。

まず、屈折面では、屈折物体の内部に空中像を結像させた場合の像の位置ずれを測定しました。光学系を図2(a)に示します。MMAPと光源のなす角は $45^\circ$ で $D=15\text{cm}$ 、表示する空中像は一辺 $3\text{cm}$ の正方形で7行×7列の格子画像です。透明物体には一辺 $50\text{mm}$ の亚克力立方体を用い、鉛直方向に $15.8^\circ$ 回転させて配置しました。シミュレーションにおいては、屈折率 $1.49$ を立方体に適用し、光源画像を生成しました。撮影はカメラを空中像を中心に $-15^\circ$ から $15^\circ$ の間で $5^\circ$ 間隔で移動させて行ないました。 $-15^\circ$ から $15^\circ$ の範囲における位置ずれの平均は、補正ありの場合が $23.91\text{px}$ 、補正なしの場合は $78.87\text{px}$ であり、本手法によって屈折による空中像結像位置の補正の効果が確認できました。

一方、反射面では、歪曲した鏡を反射面として用いて本手法による歪み補正の効果を検証しました。光学系は図2(b)に示すようなもので、反射面には曲げられるポリカーボネート製の鏡を半径 $25\text{cm}$ の円柱の一部となるように曲げて配置し、その頂点上に空中像を結像させました。光学系はMMAPを垂直に立て、空中像を結像する光線経路上に反射面が挟まれるようにしました。表示する空中像は一辺 $6\text{cm}$ の正方形で7行×7列の格子画像としました。 $-15^\circ$ から $15^\circ$ の範囲における位置ずれの平均は、補正ありの場合で $30.53\text{px}$ 、補正なしの場合で $138.68\text{px}$ でした。この結果、本手法によって反射による空中像結像位置の補正の効果が確認できました。



### Refractive surface



### Reflective surface

図1 (上) 透明物体内部の空中像歪み補正 (下) 反射面上の空中像歪み補正

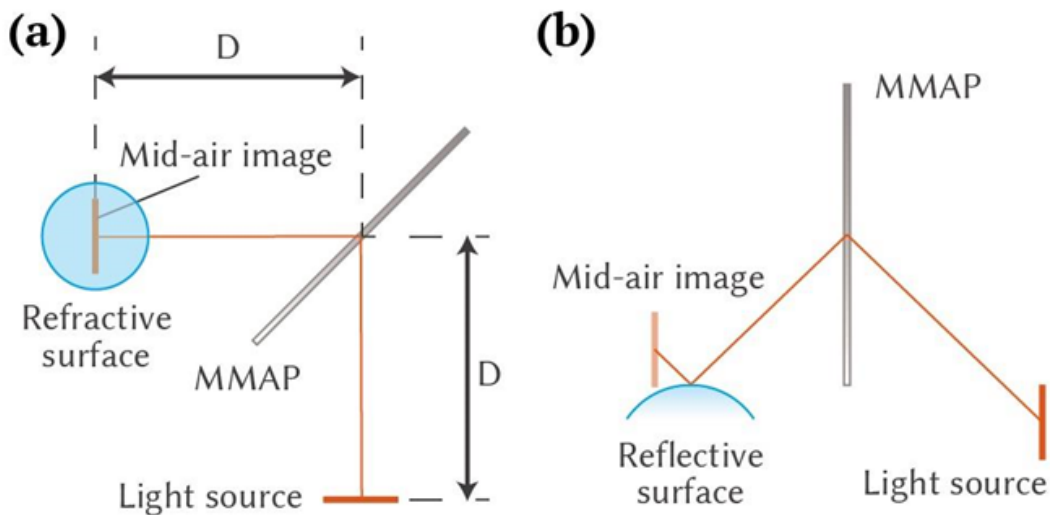


図2 屈折・反射面を介して空中像を表示する光学系

#### 【成果】

今回、レイトレーシングによるシミュレーションを活用し、屈折面の内側や反射面上に歪みのない空中像を表示する手法を提案しました。シミュレーションにおいて、視点から光学系に対して理想的な視点映像の情報を光線に対して付与しながら光線追跡を行うことで、歪まない空中像を結像

するための光源画像を生成できました。本手法を実際の空中像光学系に適用し、透明物体と反射面によって生じる空中像の歪みが補正できることが確認されました。

### 【今後の期待】

屈折面の内側や反射面上に歪みのない空中像を表示できるようになれば、実物体の内外などに動物的かつフルカラーの映像を表示できるようになります。将来、ガラスの彫刻や大理石などの反射面をデジタルサイネージとして活用するなど、従来のような平面上だけではない新しいディスプレイの可能性が開かれると期待されます。

### （学会情報）

「IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces 2022」

著者：木内舜司、小泉直也

### （特許情報）

特願 2021-017987 空中像生成装置

「歪み補正関数生成方法及び空中像生成方法」木内 舜司、小泉 直也（出願日 2021/02/08）

### （外部資金情報）

一般財団法人キャノン財団 研究助成

「空中映像産業の基盤技術としての建築調和型空中像光学系の構築」

### （用語説明）

[1] レイトレーシング法：物体表面や空気中において、光線が反射・屈折・散乱する様子を計算することで写実的なCG映像を生成する手法

[2] デジタルサイネージ：電子的な視覚情報の提示装置を用いて情報を発信するメディアで、大型店舗、公共空間、交通機関など不特定多数のユーザーが想定される場などで使用されるもの

### 【連絡先】

<研究内容に関すること>

電気通信大学 大学院情報理工学研究科

准教授 小泉直也

Tel : 042-443-5367 E-Mail : koizumi.naoya@uec.ac.jp

<報道に関すること>

電気通信大学 総務企画課 広報係

Tel : 042-443-5019 Fax : 042-443-5887

E-Mail : kouhou-k@office.uec.ac.jp