

レイトレーシングソフトウェアを使って出現させた不完全な不可視球

シンガポール国立大学准教授のアーロン・ダンナー氏は、観念的に不可視でなければならぬ光クローキング(遮蔽)デバイスを視覚的に見えるようにする研究を行っている。まず第1に、このようなデバイスの実用版は、少なくとも可視領域では今のところ存在しないため、ダンナー氏はソフトウェアシミュレーションに頼らざるを得なかつた。第2に、写真のようにリアルな環境において、不完全な不可視球のようなデバイスを描写できるソフトウェアは入手不可能なため、ダンナー氏はソフトウェアそのものも開発しなくてはならなかつた。

不可視デバイスのシミュレーションは他にも存在するが、ダンナー氏は、実際の屋外環境で使えるようなデバイスはどのようなものか、また技術的に妥協して構築した場合、それがどのように現れるかを見たかった。

彼は、まず屈折率不变(屈折率が1以下または0の場合も含む)の透明物体を通る光子でマップされたレイトレーシングのために開発されたフリーソフト、POV-Rayを試してみた。しかし、クローキング光学系は屈折率勾配材料から構成され、複屈折も含まれるため、POV-Rayは使用不可能であった。そこで、ダンナー氏は従来法に基づいた構築を試み、異方性の誘電率勾配媒質中の偏光レイトレーシングに成功した。

すべての入射光線が球の中心を旋回し、それから入射経路と同じ経路に沿って球を出て行くような不可視球の選択がその一例である。しかし、完全に

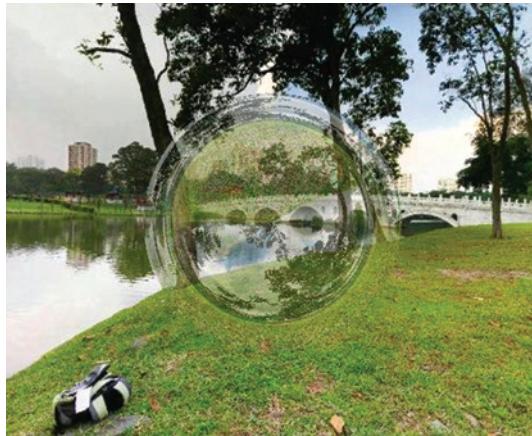


図1 シンガポールの中国庭園の光景から開始し、偏光依存不可視球をあたかも無偏光で出現したかのように描き出した。(資料提供:アーロン・ダンナー氏)

見えない球は、描写してもさほど面白くないであろう。代わりに、ダンナー氏は、潜在的に組立が容易な点が特に興味深いという理由から、球の1変形体を選択した。それは、両偏光ではなく、一方の偏光に対してのみ不可視になる球である。

可視スペクトルで使用する完全不可視球は透磁率のすべての成分がその誘電率と等しくなければならないという非現実的な性質をもつ光学メタ材料から作製しなくてはならないが、一つの偏光に対してだけ不可視となる球は屈折率勾配を持つ複屈折誘電体から作製できる可能性がある。

公園に現れた一つの球

実時間で実行できるように計算をより単純にするために、仮想カメラから球を通って、その球から背景に向かって出て行く逆向きのレイトレーシングを行った。このカメラは回折効果を持たないピンホールカメラと仮定できる。背

景パノラマ(シンガポールの中国庭園)は三脚に取付けたカメラで撮影した約90枚の写真をデジタルに繋ぎ合わせている。背景は無限に遠方に離れていると仮定することによって、実時間計算の妨げになる視差関連の計算を省略した。

ソフトウェアを使って描き出された球(図1)は1~9.46の範囲で放射状に変化する屈折率を持ち、実際に作製することは簡単ではないが、少なくとも可能性はある。実のところ、ダンナー氏は、若干の最適化によって球の屈折率を1~3の範囲に減少できると確信している。

一方の偏光を完全に透過させ、他方の偏光をその位置のすべてにおいて再方向づけする「半」不可視の球は、あたかもシャボン玉の写真のように見える。しかし、その詳細は全く異なり、シャボン玉の反射によって見えるものとは全く違うパノラマが歪んで現れている部分が含まれる。

ダンナー氏の注記によれば、この種のレイトレーシングソフトウェアの最も実用的な目的は、実際のアプリケーションで利用されるように、不完全ではあるが、比較的容易に作製できる「不可視」やクローキングデバイスを視覚的に見えるようにすることだ。このような可視化によって、デバイス設計者は、デバイスの技術的実現可能性と、理想の性能との間の妥当なバランスを見出すことが可能になる。(John Wallace)

参考文献

- (1) Aaron J. Danner, Opt. Exp. 18, 4, p. 3332 (Feb. 15, 2010).