

マルチスペクトル化によるレイトレーシング法における 色彩表現の精度向上に関する研究

Study on Improving Accuracy of Color Representation in Ray Tracing Method by Multispectralization

1w173047-5 岸岡 拓永

KISHIOKA Takuto

指導教員 坂井 滋和 教授

Prof. SAKAI Shigekazu

概要： レイトレーシング法は光の反射や屈折を正確に表現できる高精度なレンダリング技法だが、屈折率の波長依存性までを考慮したアプリケーションはまだ少ない。また、映像ディスプレイへの表示が前提のため、RGBの3波長に対する計算のみで画像の生成を行っている。本研究では、より高度な画像表現を行うために、屈折率の波長依存を組み込むこと、より多くの波長に対する計算を行うといった実験を行った。これにより、レイトレーシング法を使用して光の拡散を再現することが可能になり、透明物質のより正確な色再現が可能になる。

キーワード：レイトレーシング、マルチスペクトル化、CG、光の分散

Keyword : ray tracing, multispectralization, computer graphics, light dispersion

1. はじめに

近年、映像の精細度の高度化が著しく、今までは見えなかった細部の様子が見えるようになった。その結果、レンズを通過する光の屈折率の違いによる、色ズレ等が見えてしまうようになった。ところが、CGでは光の屈折の波長依存性まで考慮し処理を行っているアプリケーションは少ないため、光の分散や色ズレを表現することが困難であった。そこで、今回は解決手法を提案する。これによってCGがより豊かな色彩表現を行うことができるようになることが期待される。

2. 提案手法

2.1 レイトレーシングアルゴリズムの改良

スーパーサンプリングによるアンチエイリアシングを用いるレイトレーシングは、通常、以下のような手順で計算を行っている。

- ①視点（カメラ）の位置を決める
- ②視点からスクリーン上の点(x,y)に向かってレイを飛ばし、レイと交差する物体があるかどうか計算する
- ③物体と交差する際、屈折や反射等を精密に計算しながら、レイが光源まで到達するか計算し、色を求める

- ④手順②、③を乱数でずらしながらS回繰り返し、色の平均をとり、最終的に点(x,y)の色を決定する

今回改良した手法では、レイをn個の波長に分割し、それぞれの波長に対する屈折率で、手順①から④を行う。このとき④におけるサンプリング数SはS/n回にして行う。そして生成された画像n枚を加算合成し、一枚の画像とする。1ピクセルあたりにレイを飛ばし計算する回数は、単一波長時と変わらないため、おおよそ同じ計算時間で画像を生成することができる。

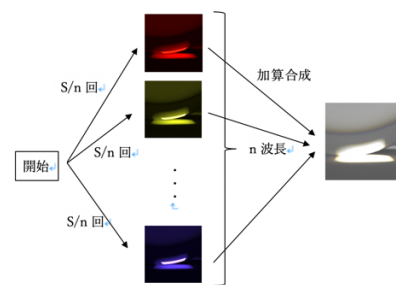


図 2.1 複数波長レンダリング時の手順

2.2 波長から RGB への変換

波長からディスプレイ用の RGB への変換で、世界的に標準もしくは広く認知されている公式やデータベ

ースは存在しない。そのため、本研究では遠藤の手法 [1]を用いて各波長の光から RGB 値への変換を行った。この手法は、日本では虹が一般に赤、橙、黄、緑、青、藍、紫の 7 色で構成されているという考え方がもとになっている。これら 7 色の中心波長を最大とする正規分布を加算合成することにより、CIE 1931 の RGB 表色系等色関数 [2]への近似を行っている。完成した RGB と波長の変換グラフを図 2 に示す。

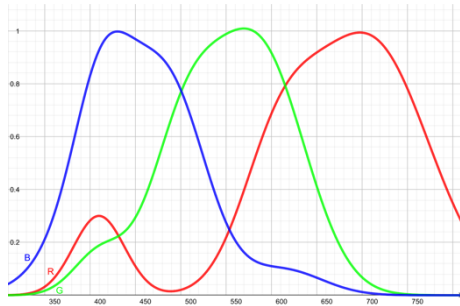


図 2.2 RGB の波長依存性

3. 結果と議論

レイトレーシングの実装には Shirley のレンダラ [3] を参考にし、C++で実装した。またオブジェクトはクォーツ(SiO₂)の屈折率 [4] を用いた。また、本結果で使用している画像は解像度 2048×2048 で出力している。アンチエイリアシングのためのスーパーサンプリング数は 3500 とした。また、アンチエイリアシングのために使われている乱数は除去していない。多波長でレンダリングする際は 1 枚あたり、3500 を波長数で割った数のサンプリングを行っている。今回は、1 波長時、7 波長時、10 波長時、14 波長時で球体画像のレンダリングを行った。各波長でレンダリングし、拡大した図を図 3.1、図 3.2、図 3.3、図 3.4 に示す。

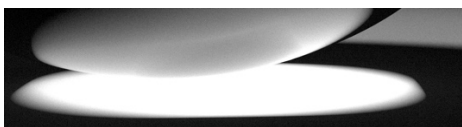


図 3.1 1 波長で生成した球体の拡大図



図 3.2 7 波長で生成した球体の拡大図

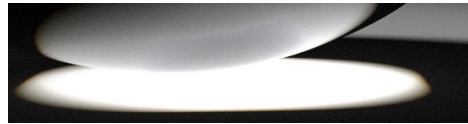


図 3.3 10 波長で生成した球体の拡大図



図 3.4 14 波長で生成した球体の拡大図

図 3.1 と図 3.2、図 3.3、図 3.4 を比較すると、単一波長時は球体を通過した光が白色のみであるのに対して、図 3.2、図 3.3、図 3.4 では屈折率の波長依存により生じる、色収差が表現できていることがわかる。ただし、本実験環境下において 7 波長から 14 波長に増やしたときに大きな違いは見受けられなかった。

4. 考察

本研究では、CG 空間が RGB のみで考えられていることが問題であると提議するとともに、シンプルな解決手法を提案した。そして、その手法を用いたレイトレーシング法によるレンダラを作成し、結果を得た。その結果、透明物質の持つ屈折率の波長依存を考慮できたことにより、今までは再現が難しかった光の分散を従来とほとんど同じ処理時間で表現することが可能となった。これによって、よりキレイな CG が作成できるだけでなく、現実世界での光に当たったときの物の見え方のより正確なシミュレーションが可能となるだろう。これはディスプレイの解像度が増々上がっていく、今後において、必要不可欠になる技術なのではないかと考えている。

参考文献

- [1] 遠藤理平. “光の波長から RGB を算出する関数の定義” natural science (最終閲覧日:2020 年 2 月 4 日) <http://www.natural-science.or.jp/article/20160513143413.php>
- [2] 大田登. “色彩工学” 東京電機大学出版局 (2009).
- [3] Shirley, Peter. “Ray tracing in one weekend.” Amazon Digital Services LLC 1 (2016).
- [4] “RefractiveIndex.INFO” Refractive index database (最終閲覧日:2020 年 2 月 4 日) <https://refractiveindex.info/>