

リアルタイムレンダリングを用いた人工環境シミュレーションシステムの構築 Implementation of Artificial Environment Simulation System by Real-Time Rendering

谷口 総一郎[†]
Soichiro Taniguchi

久原 拓也*
Takuya Kuhara

蔵野 裕己*
Yuki Kurano

吉見 真聡[†]
Masato Yoshimi

三木 光範[†]
Mitsunori Miki

1. はじめに

我々は、オフィスにおいて、各ユーザの希望する光環境を実現する知的照明システムの研究を行なっている [1]。現在、オフィスへのシステム導入実験 [2] を行なっているが導入には多くの機器とコストを要する。そのため、我々は実システム無しで知的照明システムの光効果を体験できるようなシミュレータの開発も行っている。表現手法として、設定した視点と光源の情報をもとに、オフィスの 3DCG (3 Dimensional Computer Graphics) 画像を出力するシミュレータを用いている。一方で、様々に変化する空間の様子をよりわかりやすく示すため、ユーザの視点や光源データの変化をリアルタイムに表示するシステムが望まれる。しかし、現在の照明シミュレータでは、1 枚の画像出力だけで膨大な時間を要する。そこで、本稿では DirectX を用いることでリアルタイムレンダリングによる照明シミュレーションシステムの実装を行なった。また、本システムの評価を通して有効性の検討を行う。

2. 照明シミュレーション

既存の照明シミュレータの表現方法として、3DCG による 1 枚の画像表示を用いている。図 1 に示す画像は、オフィスのモデリングソフト DIALux4.10 を使用し、レンダリングソフト POV-Ray3.0 を用いた VGA サイズの出力画像例である。

一方で、様々に変化する空間の様子をわかりやすく示すため、1 枚の画像出力結果ではなく、3DCG 画像をユーザ視点で体験できるシステムも望まれる。特に、知的照明システムでは目的の明るさまで緩やかに光度を変化させるため、照明シミュレータを高速化し、空間の連続変化を表現するシステムが必要になる。しかし、DIALux4.10 と POV-Ray を用いた既存の 1 枚の照明シミュレーション画像生成は 32 秒要する。実行時のマシン構成については、表 1 の環境を利用した。そこで、GPU(Graphics Processing Unit) に代表される画像処理専用ハードウェアを利用できるグラフィック API の DirectX を用

表 1 評価に使用したマシンの構成

OS	Windows7 Home Premium 64bit
Memory	4 GB
CPU	Intel Core i3-2100(3.30GHz)
GPU	NVIDIA GeForce 210

* 同志社大学大学院

[†] 同志社大学理工学部



図 1 DIALux と POV-Ray を用いた出力画像

いて、リアルタイムに高速画像出力する照明シミュレータを提案する。

3. 実装

3.1 レンダリング手法

実装した照明シミュレータにおけるレンダリング手法について述べる。

物体を視点からみた形状に変換するため、視点から視線方向に見た 3 次元軸を定義し、物体座標に変換行列をかけることで 3 次元軸上の座標点に変換する。この変換行列を視点変換行列とする。この視点変換行列は視線、視点から算出可能である。次に、物体をスクリーン上に投影するため、射影変換行列を 3 次元空間上の物体頂点座標にかけ、2 次元座標に変換する。色づけ手法にはフォンシェーディング法を利用した。フォンシェーディング法は、以下の式 (1) で輝度値 I を算出する色づけ手法である。

$$I = A + \sum_{Light} (B_i + C_i) \quad (1)$$

アンビエント色は A 、拡散反射色は B_i 、および、鏡面反射色は C_i で表現され、それらの合計値を輝度値とする。 B_i 、および C_i は視点座標、 i 番目の光源座標、および物体座標の関係と物体の材質から算出する。

DirectX の行列を用いた投影変換は、物体の頂点に対して視点変換行列と射影変換行列を積算し、頂点を 2 次元座標に変換し、スクリーン上のピクセルに投影する。次に、頂点ごとに色付けを行い、頂点の色付けに必要な情報を参照することで、スクリーン上の頂点にあたるピクセル間のピクセルに対して色付けを行う。一方で、POV-Ray を用いたレイトレーシング法では、視点からピクセル方向へレイを飛ばし、定義されている全ての物体との交点を算出し、その交点をスクリーン上に投影する。そのため、レイトレーシング法ではスクリーン上の頂点にあたるピクセル間のピクセルの色付けを、ピクセルごとにレ

イを放出し、交点を算出、投影し、色付けする必要がある。以上から、ピクセルの色付けについて、レイトレーシング法での個々のピクセルについて交点を求めるための膨大な演算量 [3] を省き、頂点の情報のみで色付けする DirectX での投影変換とフォンシェーディング法を用いることで、高速なリアルタイムレンダリングを実装できると考えた。

3.2 照明シミュレータへの実現方法

知的照明システムでは、複数の光源の強さが様々に変化する。そのため、式 (1) を式 (2) に変形した。

$$I = A + \sum_{Light} LP_i(B_i + C_i) \quad (2)$$

式 (2) は、 i 番目の光源座標から得られる輝度値 $B_i + C_i$ に i 番目の光源の強さ LP_i を積算する式である。 A は環境光の影響を受けるが、光源 (LED や蛍光灯) の影響を受けないため、光源の強さによる重みを与えていない。式 (2) により、物体表面の輝度値が個々の光源の強さの影響を受けて変化する。また、知的照明システムではフルカラー LED も使われている。そのため、 LP_i を RGB の 3 成分で表現し、物体の材質である RGB 成分ごとに輝度値を算出することにより、フルカラー LED を表現した。

視点と視線の切り替えは、カーソルキーを入力することでを行い、入力を元に新たな視点変換行列を生成する。光源データはテキストデータから読み込み、テキストデータを編集することで光源データを変更する。

本稿では光源を 6×5 に 30 個配置したオフィスモデルを定義した。部屋のモデル構成は既存の照明シミュレータにおける部屋モデルと近似させた。なお、出力画像サイズは VGA サイズとした。

4. 評価

実装した照明シミュレータをフレームレート、画像品質で評価する。ここで用いた CPU、GPU を含む評価に使用したマシン構成は表 1 と同じものである。DirectX のバージョンは DirectX10.0 を使用した。

フレームレートを計測する上で、HDBENCH.NET のベンチマークソフト DxRec2 を利用し、40 秒間の計測時間中の平均フレームレートを算出した。その結果、34.3fps という結果が得られた。よって、画像一枚あたりのレンダリング処理時間は約 0.03 秒といえる。これは既存のレイトレーシング法による照明シミュレーションに要した時間の 32 秒より約 1000 倍速いレンダリング速度といえる。

次に、実際のモデルの写真と比較し、品質評価を行う。ここで、様々な照明環境をシミュレーションを行う中で、フルカラー LED の照明シミュレーションが行えているかどうかを評価する。実際のモデルの写真を図 2 に、照明シミュレーション結果を図 3 に示す。なお、壁側 1 列の 5 つの光源を赤色、それ以外を白色とした。

図 2 と図 3 を比較し、フォンシェーディング法を用いたため、鏡面反射や影に着目すると、シミュレーションを行っていないことがわかる。しかし、赤色の光が反映されていることか



図 2 実際のモデルの写真

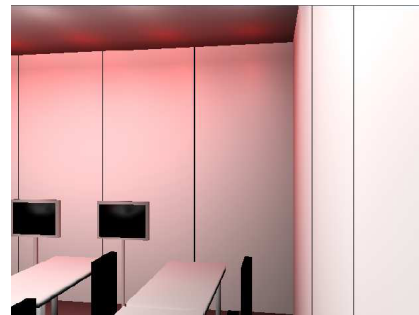


図 3 照明シミュレーション結果

ら、光分布は等しくないが、白色だけではない色付けを行えているといえる。

5. まとめと今後の展望

DirectX を用いたリアルタイムな照明環境のシミュレーションシステムの構築を実装し、既存のシミュレータとレンダリング時間を比較し、約 1000 倍速いといえる。画像品質について、実際のモデルと比較すると、鏡面反射や影が考慮されていなく、光分布状況は等しいとはいえない。しかし、様々な色の光源データも表現可能となった。

今後の展望としては、影や鏡面反射を考慮していないためそれらを考慮し、光分布状況をより現実のモデルに近づけるための色付け手法の改善を行なったリアルタイムレンダリングによる照明シミュレータが望ましいと考えられる。

参考文献

- [1] 三木光範, 知的照明システムと知的オフィス環境コンソーシアム, 人工知能学会誌, Vol.22, No.3, pp.399-410, 2007
- [2] M. Miki, F. Kaku, T. Hiroyasu, M. Yoshimi, S. Tanaka, J. Tanisawa, and T. Nishimoto, Construction of Intelligent Lighting System Providing Desired Illuminance Distributions in Actual Office Environment, Journal of the Institute of Electronics, Information and Communication Engineers of Japan, Vol.J94-D, pp.637-645, 2011
- [3] Niimi H., Murakami Y., Tomita S., Hagiwara H.: A Parallel Processor System for 3 Dimensional Color Graphics, Proc. of SIGGRAPH'84, pp.67-76(1984)