

コンピュータホログラフィのための レンダリングソフトウェアツールの開発 Development of Rendering Software Tools for Computer Holography

村田峻平¹ 松島恭治¹ 中原住雄²
Shumpei Murata¹ Kyoji Matsushima¹ Sumio Nakahara²

¹ 関西大学 システム理工学部 電気電子情報工学科

¹Department of Electrical and Electronic Engineering, Kansai University

² 関西大学 システム理工学部 機械工学科

²Department of Mechanical Engineering, Kansai University

ABSTRACT

Computer holography is the technology that reconstructs object fields numerically synthesized or captured by digital holography. Computer holography is also expected to be currently a new digital art and finally the perfect digital 3D technology. However, in the current stage, artists and designers, expected as potential creators of hologram works, need deep knowledge in optics and programming skills in order to design 3D scenes and calculate the object fields for the scenes. To ease this situation, software tools are developed for scene design and numerical synthesis of the object fields. These tools are called rendering tools in this paper. The interactive design tool included in the tools is easy to use for any non-expert to design 3D scenes and capable of saving the parameters of 3D scenes and object fields as a generic XML format. This system is expected to provide wide software basis in computer holography and useful for developments of rendering engines for various purposes and novel algorithms. We report the system architecture and the current state of the development.

Keywords: 計算機合成ホログラム, CGH, コンピュータホログラフィ, レンダリング, ソフトウェアツール

1. はじめに

計算機合成ホログラム(CGH)を作成するためには、一般にまず数値モデルで与えられた物体モデルからの光波を計算しなければならない。我々はこの過程を物体光波数値合成と呼んでいる。高品質のホログラムでは、合成する物体光波のサンプリング数は数 10 億点以上になるため、従来、この合成には長い計算時間を要していた。しかし、ポリゴン法[1]により実用的な計算時間で超高解像度の全方向視差 CGH の作成が行われるようになってきている[2,3]。近年では、金属のような光沢

のある材質感を持つ鏡面性表面をレンダリングした“The Metal Venus I” [4]や、テクスチャマッピングと、スムーズシェーディングを用いた“Shion” [5]、滑らかでかつ光沢のある鏡面性曲面のレンダリング手法を用いた“The Metal Venus II” [6]などの様々なホログラムが製作されており、CGH の表現力の向上が図られている[7]。その結果、MIT ミュージアムにおいて“Brothers”が展示されるまでに至っている[8, 9]。

また、レンズレス合成開口デジタルホログラフィを用いて高密度大面積で記録した実在物体光波と、コンピュータ上で合成された仮想物体光波が同じ 3D シーン中で再生される“Bear II”も製作されている[10]。この技術では従来の光学ホログラフィとは異なり、デジタル的に記録された光波を仮想光学系で数値的に処理することで物体像の拡大や縮小編集も可能である[11]。このように、CG モデルの仮想物体だけではなく、デジタル画像

村田峻平

<murata@laser.ee.kansai-u.ac.jp>

関西大学システム理工学部電気電子情報工学科

〒564-8680 大阪府吹田市山手町3-3-35

TEL 06-6368-1121(内線 5722)

や実物体の光波, 多視点画像などの様々な素材を組み合わせ, 光波ベースでデジタル編集してCGHを作成する技術を, 我々はコンピュータホログラフィ(CH)と称している。

しかしながら, このようなCGH作品を制作する際にベースとなるポリゴン法[1]やシルエット法[12]は, 点光源法に比べ原理が複雑で実装は容易ではない。そこでCHの研究推進のため, 上記のような計算手法を実装したツールとしてWaveField Toolsが公開されている[13]。このツール群の中には, CGH計算に必要な仮想物体光波の合成や伝搬計算を容易にするWFL/PSLと呼ばれるC++クラスライブラリが含まれており, 初歩的なC++言語の知識があれば, 容易に光波数値合成することが可能である。

このように, CGHの計算速度や表現力の向上に伴い, 従来のコンピュータグラフィックス(CG)に近い自由な表現を行うことが可能になりつつあるが, 一般に研究者はデザイン能力に乏しく, CGHでアートと呼べる程の作品を制作することは困難である。そのため, CHの分野にデザイナーやアーティストの参加が待たれている。しかし, 現在のツール群ではホログラムの3Dシーンをプログラムとして記述する必要があり, プログラミング技術を持たないデザイナーやアーティストにとっては作品制作の技術的ハードルはかなり高いものがある。また3Dシーンの構成や設定をハードコーディングするため, 3Dシーンそのものをデータとして保存, 編集することが難しいという問題もある。

そこで本研究では, デザイナーやアーティストでも容易にCGH作品を制作可能とするため, GUIアプリケーションとしてインタラクティブに3Dシーンをデザインし物体光波数値合成を行えるレンダリングソフトウェアツールの開発を行っている[14]。本報告では, その全体のシステム設計や機能, 現時点での開発状況を示す。

2. コンピュータホログラフィの3Dシーン

Fig.1はコンピュータホログラフィの3Dシーン例を示している。コンピュータホログラフィの3Dシーンは, ポリゴンメッシュ等の数値モデルであらわされる3次元物体, 写真・イラスト等の2次元のデジタル画像, さらにはデジタルホログラフィ技術でキャプチャされた実物体光波や多視点画像などの素材から構成される。これらを3Dシ

ーン中に配置し, 光波ベースでデジタル編集することで, 仮想と実在の物体が混在するようなホログラムが作成できる。

3. レンダリングソフトウェアツール

3.1. ツールの概要

レンダリングソフトウェアツールは, CGHを作成するためのGUIソフトウェアツールである。本ツールは, 扱いやすいユーザーインターフェースを有し, 3Dシーンを構成する素材を配置/編集することでインタラクティブに3Dシーンをデザインし, その光波を数値合成できる。これにより, ホログラムに関する若干の知識のみでCGH物体光波を計算できる。

3.2. CGH制作の問題点とツールへの要求事項

前述した現状の問題点は主に以下ようになる。

- 3Dシーン自体をソースプログラムにハードコーディングする必要がある。
- 計算手法とシーンのデザイン情報が一体となっている。

この問題を解決するためのツールへの要求事項は以下のように考えた。

- A) シーンのデザインが簡単にできる。
- B) デザイナーが使うツールであるが, シーン情報は研究者とも共有ができる。
- C) シーンデザインとは独立して, レンダリング手法や計算手法の開発ができる。

要求事項A)についてはホログラムのシーンをCGで表現しシーンデザインをGUIで操作することで, B)はシーン構成を定義したXMLファイルを出力することで, そしてC)はXML入出力をクラスライブラリ化して研究用プログラムからも利用可能にすることで, これらの要求事項

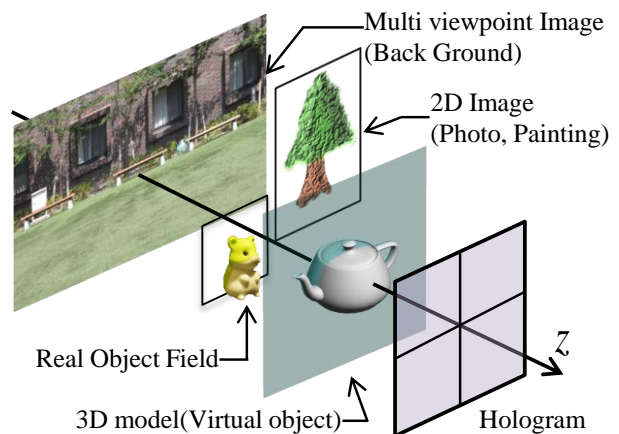


Fig.1 The typical 3D scene in computer holography.

を満たしている。

3.3. 会話型デザインツールの構造と機能

会話型デザインツールは、レンダリングソフトウェアの中核をなすツールである。本ツールの構造を Fig.2 に示す。デザイナーは GUI の操作により素材をシーンに追加し、シーンデザインを行う。本ツールでは、シーンの構成要素をリスト表示し、そのサイズ、傾き、レンダリングパラメータ等を変更することができるように設計している。また、デザイン中のシーンを確認できるように CG によるシーン表示ができる。なお、CG モデルやデジタル画像といった素材そのものの編集は、CG モデラーやペイントリタッチなど従来のアプリケーションで行うことを前提としている。

デザインされたシーンの光波は、ポリゴン法とシルエット法をベースとして数値合成される。しかし、デザイナーはこれを意識する必要はなく、シーンデザインのみ集中できる。また前述のとおり、シーンや光波(ホログラム)の設定データを XML 形式で保存/読込できるため、シーンデザインの中断/再開も容易であり、一度構成したシーンを再利用可能である。さらに、プレーンテキストである XML ファイルがシーンに関するすべてのパラメータを保持しているため、それを閲覧したり他のソフトで利用したりすることが容易である。

3.4. ツールの開発環境

これらの機能を実装するにあたりプログラミング言語として C++/CLI を用い、Microsoft の .NET Framework を利用して実装している。C++/CLI は C++ を拡張した上位互換言語であり、従来の C++ クラスライブラリ等が利用可能である。これは、C++ クラスライブラリである

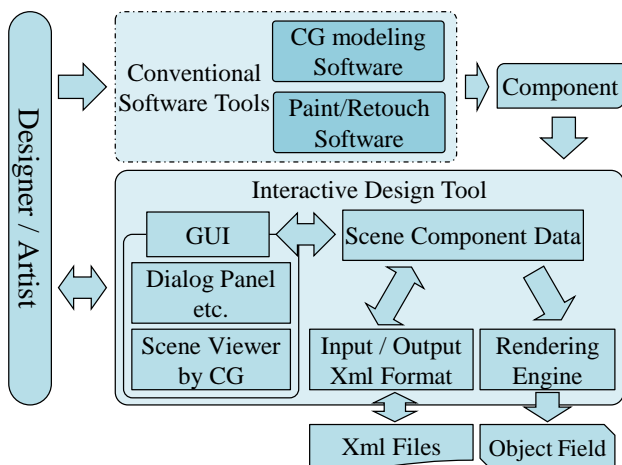


Fig.2 Structure of interactive design tool.

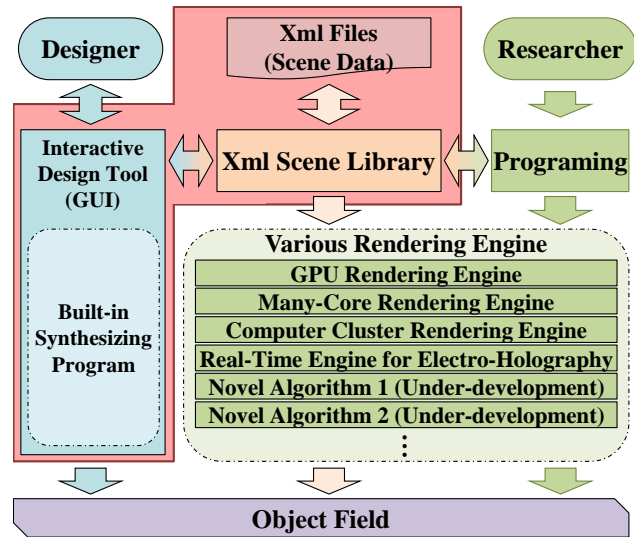


Fig.3 Architecture of Integrated CH rendering system.

WaveField Tools の WFL/PSL を光波数値合成計算に使用するためである。

3.5. シーンと光波の構成データ

本ツールで保存される構成データには、大きく分けて、合成される物体光波のパラメータとシーンの構成要素(コンポーネント)、および構成要素のパラメータがある。物体光波のパラメータは、サンプリング数やサンプリングピッチ、波長などである。シーンの構成要素の素材については次のものがある。

- ポリゴンメッシュ 3D データ
- デジタル画像
- 光波複素振幅分布(実物体光波)
- 多視点画像

これらのパラメータは素材によって異なる。例えば、素材がポリゴンメッシュ 3D モデルの場合は、その物体の名前やポリゴンメッシュデータのファイルパス、シーン中での位置、大きさ、回転情報、シェーディングの設定などがパラメータとして保持されている。このようなシーンデータを定義し、そのシーンデータを XML ファイルとして入出力するライブラリを開発し、会話型デザインツールに用いている。

3.6. XML シーン入出力ライブラリを用いた統合的なレンダリングシステム

前述のとおり会話型デザインツールの中で XML シーンデータの入出力を行う部分は独立したライブラリとなっている。これは、Fig.3 で示すように、会話型デザインツールを単にデザイナー向けのツールとするだけでなく、

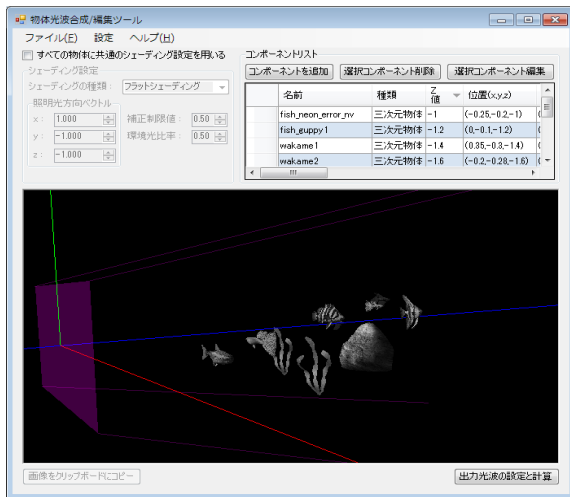


Fig.4 Scene design by interactive design tool.

発展途上の CH の新規アルゴリズムの研究開発を可能とするためである。すなわち、プログラミングによって光波数値合成をおこなう研究者は、ライブラリを用いてデザイナーが構成したシーンデータを読み込み、GPU や分散処理によってその光波を数値合成するための計算エンジン群の開発、あるいはまったく新規の数値合成アルゴリズムの研究開発&テストが可能である。

4. 会話型デザインツールでの光波合成

Fig.4 は開発した会話型デザインツールで光波合成を行う際のスクリーンショットである。このソフトウェアはホログラムシーンのデザインだけでなく、ビルトインレンダリングエンジンを内蔵しており、光波の分割合成もサポートしている。これにより一般的なデスクトップ PC であっても時間をかければ実用的な大きさの高解像度ホログラム光波が作成可能である。Fig.5 はこのソフトウェアで生成した 16384×8192 ピクセルの CGH のシミュレーション再生像である。

5. まとめ

本研究では、会話型デザインツールと XML シーン入出力ライブラリをベースとし、専門技術者ではないデザイナーと専門的 researcher の研究用プログラム、あるいは光波合成計算エンジン間で XML 形式シーンデータをやりとりできる統合的な物体光波合成/編集システムを設計し、その初版を実装した。

謝辞

本研究は、日本学術支援振興会の科研費(24500133)、および平成 23 年度関西大学学術研究助成金(共同研究)の助成を受けたものである。

参考文献



Fig.5 Simulated reconstruction of a CGH created by the interactive design tool.

- [1] K. Matsushima: "Computer-Generated Holograms for Three-Dimensional Surface Objects with Shade and Texture", *Appl. Opt.* **44**, 4607-4614(2005).
- [2] 松島, 中原: "ポリゴン法による 100 億画素規模の超高解像度コンピュータホログラムの作成", *レーザー研究* **40**, 18-27 (2012).
- [3] K. Matsushima, S. Nakahara: "Extremely High-Definition Full-Parallax Computer-Generated Hologram Created by the Polygon-Based Method", *Appl. Opt.* **48**, H54-H63 (2009).
- [4] H. Nishi, K. Matsushima, S. Nakahara: "Rendering of specular surfaces in polygon-based computer-generated holograms", *Appl. Opt.* **50**, H245-H252 (2011).
- [5] K. Matsushima, H. Nishi, S. Nakahara: "Simple wave-field rendering for photorealistic reconstruction in polygon-based high-definition computer holography", *J. Electron. Imaging* **21**, 023002 (2012).
- [6] H. Nishi, K. Matsushima, S. Nakahara: "Advanced rendering techniques for producing specular smooth surfaces in polygon-based high-definition computer holography", *SPIE Proc.* **8281**, 828110(2012).
- [7] 松島: "新しいデジタルアートとしてのコンピュータホログラフィ", *HODIC Circular*, **31**, No. 1, 2-11 (2011).
- [8] K. Matsushima, S. Nakahara, Y. Arima, H. Nishi, H. Yamashita, Y. Yoshizaki, K. Ogawa: "Computer holography: 3D digital art based on high-definition CGH", *International Symposium on Display Holography 2012 (ISDH2012)*, *J. Phys.: Conf. Ser.* **415** 012053(2013)
- [9] 松島: "Brothers 制作記—MIT ミュージアムでの CGH 展示を目指して—", *HODIC Circular* **32**, No. 2, 31-40 (2012).
- [10] K. Matsushima, Y. Arima, S. Nakahara: "Digitized holography: modern holography for 3D imaging of virtual and real objects", *Appl. Opt.* **50**, H278-H284 (2011).
- [11] 藤田, 有馬, 松島, 中原: "物体光波のデジタル拡大/縮小編集を用いた高解像度 CGH の作成", *HODIC Circular* **32**, No. 2, 10-15(2012).
- [12] 近藤, 松島: "シルエット近似を用いた全方向視差 CGH の隠面消去", *電子情報通信学会論文誌*, **J87-D-II**, 1487-1494(2004).
- [13] 松島: "波動光学シミュレーションツールキット:WaveField Tools", *Optics & Photonics Japan 2010 講演予稿集*, 9aC3 (2010).
- [14] 村田, 松島: "コンピュータホログラフィのための物体光波合成/編集ツールの開発", *Hodic Circular* **32**, No. 3, 27-30(2012)