

コンピュータホログラフィにおけるデザイナーと研究者のための 統合的なデザインシステムの開発状況

村田 峻平[†] 松島 恭治[†] 中原 住雄[‡]

[†] 関西大学 システム理工学部 電気電子情報工学科

[‡] 関西大学 システム理工学部 機械工学科

〒564-8680 大阪府吹田市山手町 3-3-36

E-mail: murata@laser.ee.kansai-u.ac.jp, matsu@kansai-u.ac.jp

あらまし 高速計算手法やレンダリング手法などの発達により、計算機合成ホログラム(CGH)の表現力は向上しており、コンピュータホログラフィは新しいデジタルアートとして期待されている。しかし CGH 作品の制作には光学の専門知識とプログラミング技術が必要であり、本来 CGH 作品を制作すべきデザイナーやアーティストには技術的ハードルが高かった。そこで、ホログラムの 3D シーンを会話的にデザインできるツールを開発している。このツールはデザイン結果を XML 形式で保存・読込でき、研究者がそれを用いることもできる統合的なシステムとなっている。その概要と、特にそのツールを用いコンピュータホログラフィ作品の制作工程を述べている。

キーワード CGH, コンピュータホログラフィ, 会話型ソフトウェアツール, 物体光波数値合成, XML

Development status of an integrated design system for designers and researchers in computer holography

Shumpei Murata[†] Kyoji Matsushima[†] Sumio Nakahara[‡]

[†]Department of Electrical and Electronic Engineering, Kansai University

[‡]Department of Mechanical Engineering, Kansai University

E-mail: murata@laser.ee.kansai-u.ac.jp, matsu@kansai-u.ac.jp

Abstract In past several years, “computer holography” that is techniques for creating computer-generated hologram (CGH) is being developed and expected as a new digital art. However, for artists or designers, who are potential creators of hologram works, deep knowledge in optics and programming skills are required to design 3D scenes and calculate the object field of the scene. To ease this situation, we are developing software system for designing 3D scenes and creating CGH works. This system mainly consists of two tools that are an interactive design tool for designing 3D scenes and a class library which describes the designed 3D scenes as XML and makes it possible to save and load the scene and reuse it in researcher’s experimental programs. In this report, we mainly present the process to create a real CGH work by using the interactive design tool at current stage.

Keyword CGH, Design tool, Numerical synthesis of object field, XML

1. はじめに

サンプリング数が数 10 億点以上の高品質なホログラムを合成する手法として、我々はポリゴン法[1]とそれをベースとするレンダリング手法を提案している。これらの手法を用い、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” [2]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” [3], 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” [4]等が制作されており、またその中で

も最大の“Brothers”は MIT ミュージアムにおいて展示されるなど[5, 6], 計算機合成ホログラム(CGH)の計算速度・表現力の向上が図られ、実用的な計算時間で全方向視差 CGH の計算が行えるようになりつつある[7, 8]. また、合成開口デジタルホログラフィ技術を用いることで実在物体の光波を記録し、コンピュータ上で計算した仮想物体と同じシーンでそれを再生する“Bear II”も製作されている[9]. この技術では従来の古典的なホログラフィとは異なり、デジタル的に光波が記録されているので、仮想光学系等の数値的处理で実

物体光波の拡大や縮小編集も可能である[10]。現在ではこれらのテクニックを使用することで Fig.1 のように様々な素材データを配置したシーンをデザインして CGH を作成できるようになっており、我々はこの技術をコンピュータホログラフィと総称している。

このように、コンピュータホログラフィ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、コンピュータホログラフィ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、こ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。

本研究室ではコンピュータホログラフィ作品の制作の際に必要な光波合成数値計算を支援する WaveField Tools というツールを開発・公開している[11]。しかし、これらのツールは研究者向けであり、それを使って CGH をデザインするには最低限のプログラミングスキルと光学の専門知識が必要で、デザイナーにとっては技術的ハードルが高いものがあつた。

そこで本研究では、(i)ホログラムのシーンを会話的にデザインして物体光波を数値合成できるデザイナー向けツール、および(ii)デザインされたシーンデータを研究者独自のプログラムでも利用可能にするライブラリ、の二つをベースとする統合的なシステムの開発を行っている[12]。このシステムのアーキテクチャや構造については文献[12]ですでに述べているので、本報告では会話型ツールを用いたホログラムの制作過程について主に述べる。

2. 統合的なデザインシステム

2.1. システムの概要

前節で述べたように、本システムは主に、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シーンをデザインできる会話型デザインツールと、ホログラムの 3Dシーンを構成するデータを定義しそれ

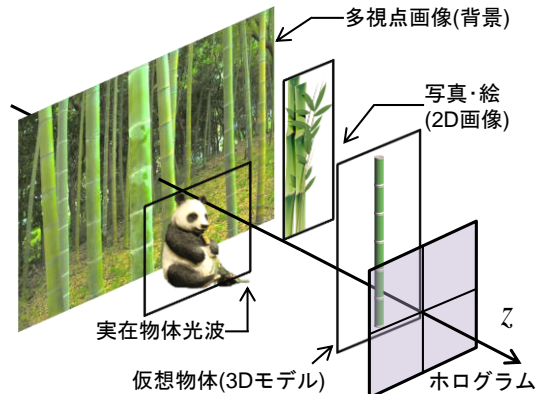


Fig.1 コンピュータホログラフィの 3D シーン例

を XML 形式で保存・読込できるプログラムライブラリからなる。本報告では、前者の会話型デザインツールを使用しホログラムを制作する方法について主に述べる。

2.2. 会話型ツールで制作できるホログラム

Fig.1 は本ツールで制作できるコンピュータホログラムの 3D シーンの例でもある。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[13]などの素材から構成される。会話型デザインツールでは、GUI 上でこれらを 3D シーン中に配置し、光波ベースのデジタル編集処理により、仮想と実在の物体が混在するようなホログラムを合成できる。

3. ホログラムの制作過程

3.1. ホログラムの 3D シーン

本ツールを用いて制作したホログラムの 3D シーンを Fig.2 に示す。本研究室では以前、隠面処理に Babinet の原理を応用したホログラム“Aqua2”が制作されていた[13]。今回、このシーンをほぼ踏襲したホログラム“Aqua3”を制作した。このホログラムは、ポリゴンメッシュの三次元物体のみで構成されている点では

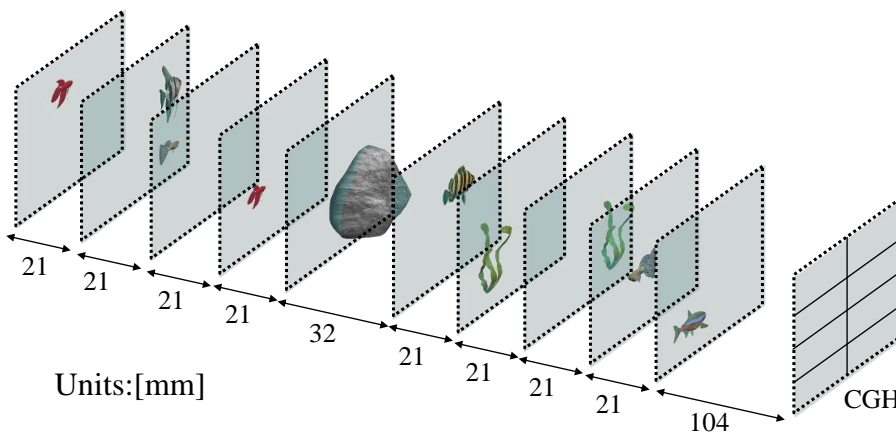


Fig.2 ホログラム Aqua3 の 3D シーンデザイン

Table.1 ホログラム“Aqua3”のパラメータ

CGHピクセル数	131,072 × 65,536 pixels
ピクセルピッチ	0.8μm × 1.0μm
セグメント数	2 × 4
物体数	10
両側視域角 (水平 × 垂直)	47° × 37°

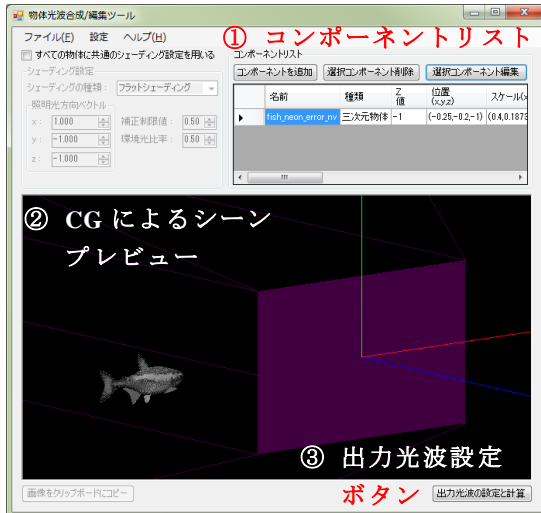


Fig.3 会話型デザインツールのメインウィンドウ

“Aqua2”と同じであるが、モデルデータの変更と、本ツールの機能に組み込まれている UV テクスチャマップを使用し、“Aqua2”では無地だった物体表面に模様付けがなされている。

3.2. 制作工程 1: ホログラムを構成する素材作成

ホログラムのシーンをデザインする前に、まずは既存のモデリングソフトウェアやペイント/リタッチソフトウェアなどで、ホログラムシーンを構成する要素を素材として作成しておく必要がある。今回の場合は、素材としてポリゴンメッシュデータが必要であるので、CG用モデリングソフトウェアで作成している。なお、今回用いた UV テクスチャマップ付きの魚のモデルデータは Toucan バーチャル美術館[14]から拝借している。これらの CG 用モデルデータは一般にポリゴン数が多すぎて CGH 計算には不向きであるので、あらかじめモデリングソフトウェアでモデルが破綻しない程度にポリゴン数を減らす必要がある。また、会話型デザインツールで読み込めるデータフォーマットは限られており、現時点では UV テクスチャマップに対応したフ

ォーマットは、メタセコイアファイルフォーマット (mqo ファイル)のみである。従って、CG 用モデリングソフト「メタセコイア」でモデルデータを読み込み、ポリゴン数を減らした後に mqo フォーマットで保存を行い、これを素材とする。

3.3. 制作工程 2: シーンへの構成要素の追加

Fig.3 はホログラムシーンに構成要素を一つ追加したデザインツールのメインウィンドウである。このように 3D シーンに構成要素を追加していくことでホログラムシーンをデザインする。

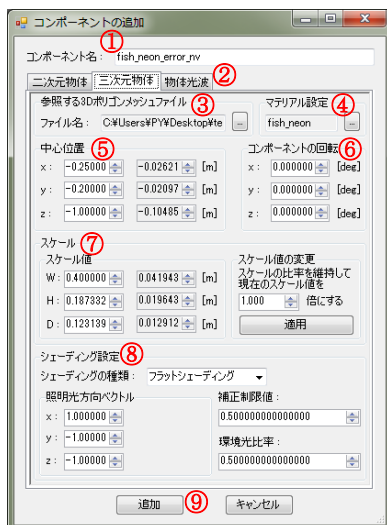
メインウィンドウの右上に配置されたコンポーネントリストの「コンポーネントを追加」ボタンを押すことで、Fig.4 で示されるコンポーネント追加ウィンドウが開く。ここではホログラムシーンの構成要素の設定・追加ができる。このウィンドウでは素材の種類(二次元物体, 三次元物体, 物体光波)をタブで指定することで、それぞれの素材にあった構成要素の設定が行える。ここでシーンに追加したい要素の設定を行い、追加ボタンを押すことで構成要素が追加され Fig.4 のようにメインウィンドウに追加された要素が反映される。このような操作を繰り返し、シーンを構成する要素を追加していく。

構成要素の追加が完了し、正面からシーンを見たホログラムのプレビュー図が Fig.5 である。このように、メインウィンドウの CG プレビューはシーンを構成する際に役立つだけでなく、ホログラム再生像の大まかな確認にも有効である。

デザインしたシーンは、「ファイル」メニューを用いて XML ファイルとして保存や読込が出来る。Fig.6 はその XML ファイルの一部である。本稿では詳細は述べないが、この XML ファイルを研究者のプログラムで取り込んで光波合成を行うこともできる。

3.4. 制作工程 3:ホログラム光波の設定と合成

シーンのデザインが完了したので、次はホログラムの光波のパラメータ設定と光波合成を行う。メインウィンドウ右下の出力光波設定ボタンを押すことで、



構成要素が
三次元物体の場合

- ① 構成要素名
- ② 素材種類のタブ
- ③ 素材ファイル
- ④ テクスチャ設定
- ⑤ 位置設定
- ⑥ 回転設定
- ⑦ スケール設定
- ⑧ シェーディング
- ⑨ 追加ボタン

Fig.4 コンポーネント追加・設定ウィンドウ

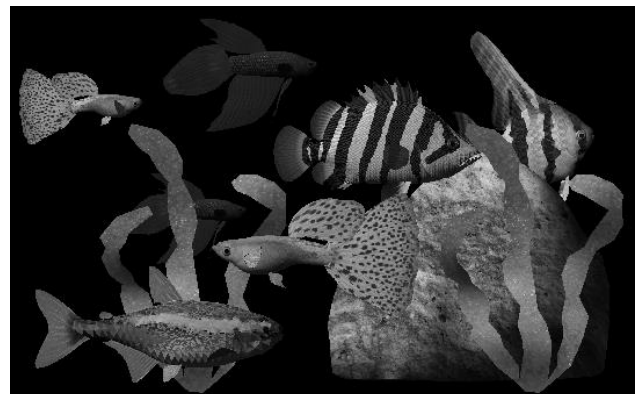


Fig.5 ツール上でのホログラムの CG プレビュー

```

- <PolygonMesh>
  <Name>fish_guppy1</Name>
  <InputFilePath>polygonmesh\guppy_remodel_r.mqo</InputFilePath>
- <Position>
  <X>0.000000000000000e+000</X>
  <Y>-9.000000000000000e-002</Y>
  <Z>-1.200000000000000e+000</Z>
</Position>
- <Scale>
  <W>3.330000000000000e-001</W>
  <H>2.010407854984890e-001</H>
  <D>5.851812688821750e-002</D>
</Scale>
- <Rotation>
  <X>0.000000000000000e+000</X>

```

Fig.6 保存された XML ファイルの一部

Fig.7 の出力光波設定ウィンドウが表示され、ホログラム光波の設定と合成が行える。

ホログラム光波のパラメータとして重要なのはサンプリング数とサンプリング間隔、波長の設定である。また、光波を分割して計算する場合は「分割あり」タブを選択し、分割光波のサイズと分割数を設定する。出力する光波の設定が完了したら最後に「出力光波の計算開始」ボタンを押すことで計算が行われる。非常に大きなホログラムの場合、計算に長い時間を要する。ツールでは現在行っている計算がどの箇所であるかを出力ログで確認可能である。

このようにして合成したホログラム光波に参照光を重畳することで干渉縞を作成し、ホログラムを描画する。Fig.7 は制作したホログラムの光学再生像である。

4. まとめ

統合デザインシステムの会話型デザインツールを使用してホログラムを制作する過程およびデザインツールの使用法を述べた。

本研究は、日本学術振興会の科研費(24500133)、平成 24 年度関西大学学術研究助成金(共同研究)、および文部科学省私立大学戦略基盤研究形成支援事業(平成 25 年～平成 29 年)の助成を受けたものである。

文 献

[1] K. Matsushima: Computer-Generated Holograms for Three-Dimensional Surface Objects with Shade and Texture, Appl. Opt. **44**, 4607-4614(2005).
 [2] H. Nishi, K. Matsushima, S. Nakahara: "Rendering of specular surfaces in polygon-based computer-generated holograms", Appl. Opt. **50**,



Fig.7 ホログラム Aqua3 の光学再生像 H245-H252 (2011).

[3] 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).
 [4] 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).
 [5] 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), MIT Media Lab, (2012) in press.
 [6] 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**, (2012).
 [7] 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).
 [8] K. Matsushima, S. Nakahara: "Extremely High-Definition Full-Parallax Computer-Generated Hologram Created by the Polygon-Based Method", Appl. Opt. **48**, H54-H63 (2009).
 [9] K. Matsushima, Y. Arima, S. Nakahara: "Digitized holography: modern holography for 3D imaging of virtual and real objects", Appl. Opt. **50**, H278-H284 (2011).
 [10] 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).
 [11] 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).
 [12] 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).
 [13] 吉崎, 松島, 中原: "多視点画像を 3D シーン内に埋め込んだ超高解像度 CGH の作成", 3 次元画像コンファレンス 2012 講演論文集, P-15, 148-151 (2012).
 [14] 中村, 松島, 中原: "高解像度 CGH における Babinet の原理と部分光波伝搬を用いた隠面消去法", 映像情報メディア学会誌, **66**, 5, J136-J143 (2012).
 [15] Toucan バーチャル美術館, <http://www.toucan.co.jp/>

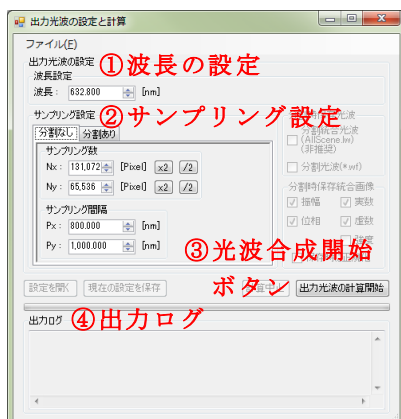


Fig.6 ホログラム Aqua3 の光学再生像