

高解像度コンピュータホログラフィの展開

松島 恭治*¹

*¹ 関西大学 システム理工学部 電気電子情報工学科

概要：高解像度コンピュータホログラフィによる動画再生は事実上不可能という制約の下で、この技術の新たな展開を報告している。これらの技術は応用から基礎技術まで多岐渡っているため、その中から主要なものを紹介している。

1. はじめに

コンピュータホログラフィには空間バンド積と呼ばれる問題がある。これは、画像サイズと視域角¹の積が概ねディスプレイ解像度(画素数)に比例するという問題であり、その巨大さが実用化を阻む大きな要因となってきた。例えば、昨年度報告した 18 cm 角の CGH「Toy Train」では、その画素数は 1000 億画素を上まわっている。これは、8K Ultra HDTV の約 3000 倍であり、現在の電子的ディスプレイデバイス技術では実現不可能な数字である。そのため、実用的なディスプレイとして応用可能なレベルの計算機合成ホログラム (Computer-Generated Hologram, 以下 CGH)は静止画として再生するしか他に手段がない。

コンピュータホログラフィ技術の全般的な進展については昨年報告したため、本稿では、静止画のみの再生という厳しい制約条件の下で、様々な方向への高解像度コンピュータホログラフィ技術の展開を目指した試みを報告する。

2. 大型化した CGH による 3D 案内表示板

高解像度 CGH では、厚さがわずか数ミリのプレートから 1 メートル近い奥行きを再生することも可能である。実際、「Toy Train」では奥行き約 40 cm を再生している²⁾。そこで、静止画 CGH の応用例として考えられるのが、図 1 に示すような 3D 案内表示板である。この様な表示板を作製するのに必要な技術はほぼ完成しており、原理的な問題点は少ない。しかしながら、この様な用途を目指す場合、画像サイズが実用的な問題となる。一般的な車両中吊

り広告は B3 サイズ(36.4cm×51.5cm)であるので、少なくともこれ以上の大きさがないと、案内板としては不十分であろう。

現在までに我々が作成した最大サイズは 18cm×18cm であり、B3 サイズ以上を作製するためには、二つの問題点がある。一つ目は、計算の問題である、このようなサイズでは画素数は 2000 億画素以上になると推定されるため、中間段階の物体光波の計算に必要なデータ容量は莫大なものとなる。二つ目は作製の問題である。我々が所有するレーザーリソグラフィ装置では 18cm 角以上の CGH の作製は困難である。そのため、複数の CGH のタイリングにより大型化する実験を進めている。

ロードマップとしての目標は、当面、A3 サイズである。なお、大阪・関西万博協会にもこの技術の採用を提案している。

3. アーチ型 CGH

現在我々が製作しているプレート状の CGH の視

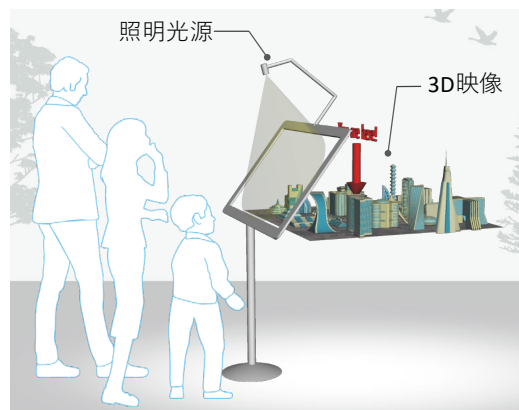


図 1 大型化した高解像度 CGH による 3D 案内表示板(イメージ)

¹ 視点を移動して映像を観察可能な範囲。

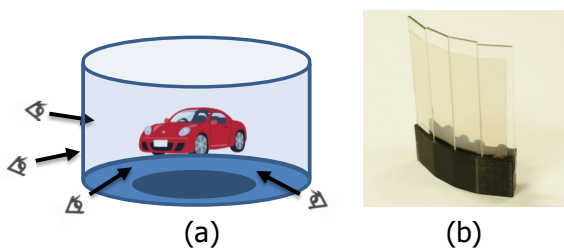


図2 (a)円筒型 CGH の概念と(b)アーチ型 CGH の試作例

域角は概ね 45 度であり、これ以上視域角を広げることは難しい。像を観察可能な範囲を広げるためには、例えば、図 2(a)に示すように円筒状にすることが考えられる。この場合は視域角は 360 度となる。

しかし、初めから円筒状にすることは難しいため、その前段階として、図 2(b)に示したアーチ形の CGH の開発を進めている³⁾。これは、レーザーリソグラフィで作製したプレート状の原版 CGH を可塑性のあるフォトポリマーに非干渉露光法⁴⁾で転写して折り曲げて作成している。

4. CGH 照明用フラット光源

高解像度 CGH によるディスプレイのもう一つの問題点は光源である。現状の CGH では、概ね 30 度以内の入射角で照明光を入射させる必要があり、反射型 CGH では観察者の側に飛び出す形で、また透過型 CGH では CGH の背面深くに光源を設置する必要がある。これが実際のディスプレイでは大きな問題となる。

そこで、ホログラフィック光学素子(Holographic Optical Element, HOE)の技術を応用し、砲弾型または光ファイバ出力型 LED の出力を狭い範囲で折り曲げ整形し、図 3 に示すように CGH のフレーム内に内蔵する研究をおこなっている⁵⁾。これによって、高解像度 CGH が手軽に壁掛け展示できるようになることを目指している。

5. その他の技術

前述のとおり、コンピュータホログラフィにおける光源の問題は大きく、光源によって再生像品質が大きく変わる。特に LED 光源を用いた時の広帯域スペクトルによる像のぼけは深刻な問題であった。そのため、HOE を用いて光源スペクトルを狭帯域化する技術を開発しており、それにより従来困難であった緑色 LED による鮮明な再生像を実現している⁶⁾。



図3 CGH 照明用フラット光源の試作例

広帯域な光源の問題を避けるもう一つの方法はレーザー光源を用いることであり、実際、市販品のレーザー光源プロジェクタを用いて鮮明な再生像が得られている。この場合プロジェクタを単色の光源として用いるだけであるが、光源の照明パターンを変化することができるため、それを用いたアミューズメントの開発を試みている⁷⁾。

6. まとめ

駆け足であったが、高解像度コンピュータホログラフィの新たな展開について報告した。

参考文献

- (1) K. Matsushima, *Introduction to Computer Holography*, Sec. 8.3 (Springer, 2020).
- (2) 松島恭治, 高解像度コンピュータホログラフィの進展, 第 24 回関西大学先端科学技術シンポジウム講演集, (2020).
- (3) 玉置翼, 松島恭治, プレート型高解像度計算機合成ホログラムの転写による多角柱型ホログラムの作製, 3 次元画像コンファレンス 2020, 8-2 (2020).
- (4) 松島恭治, et. al, 位相変調型ホログラムの作製方法, 特願 2003-309517, 特許第 4535422 号 (2010).
- (5) 根田真吾, 松島恭治, 準エッジリット型 CGH 照明システム用ホログラフィック光学素子の開発, 3 次元画像コンファレンス 2020, 6-1 (2020).
- (6) 山崎光誠, 五十嵐勇祐, 松島恭治, 高解像度 CGH 照明用スペクトル狭帯域化ホログラフィック光学素子の作製, 3 次元画像コンファレンス 2020, 6-3 (2020).
- (7) 森川凌, 松島恭治, レーザープロジェクタを照明光源とする高解像度 CGH によるアミューズメント, 3 次元画像コンファレンス 2020, 9-3 (2020).