

① 4K解像度のホログラフィックプロジェクタを用いた空中表示に関する研究

本研究では、4K解像度位相型SLM (Holoeye Photonics社GAEA-2-VIS-036) を使用したホログラフィックプロジェクタ (図3) を用いた空中ディスプレイ装置を開発した (図4). 図5に本装置による再生像を示す. 図4に示された実像に焦点を合わせると2つの虚像がぼけ (図5(a)) において, 焦点を虚像に合わせると実像がぼける (図5(b)). このことから, 実像と虚像の再生されている位置が異なっていることがわかる.



図3 4K解像度ホログラフィックプロジェクタ

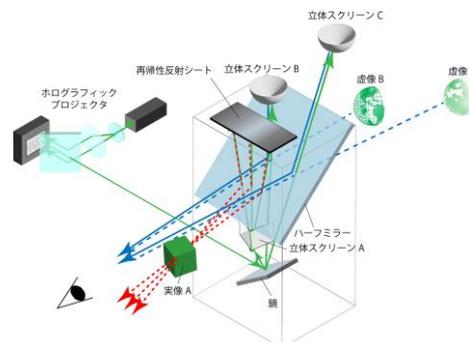
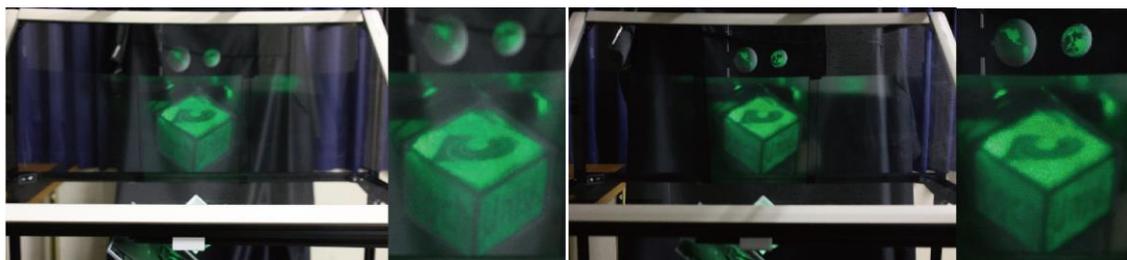


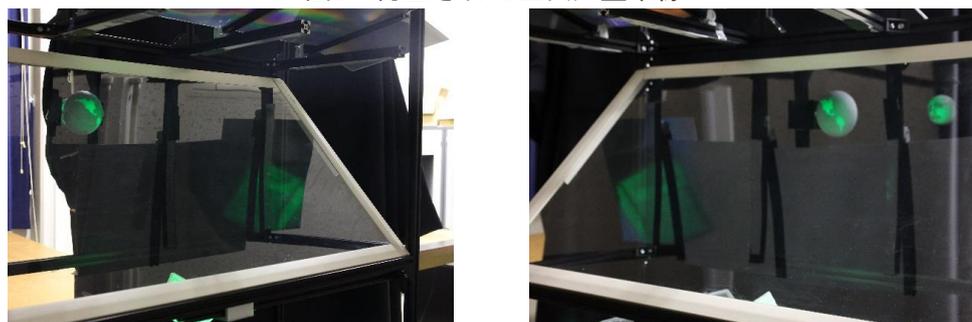
図4 開発した空中表示装置



(a) 焦点を実像に合わせた場合

(b) 焦点を虚像に合わせた場合

図5 再生された三次元空中像



(a) 左斜め方向 (45度)

(b) 右斜め方向 (45度)

図6 再生された三次元空中像

再生された空中像を正面に対して45度斜め方向から眺めたときの結果を図6に示す. 正面に対して45度左斜め方向から眺めたときの結果 (図6(a)) より, 地球と月の空中像が重なっていることがわかる. 正面に対して45度右斜め方向から見た結果 (図6(b)) より, 地球と月の間隔が離れていることがわかる. このことから, 実像と虚像の三次元映像が広い空間の中に表示されていることがわかる.

② 時空間分割ホログラフィックプロジェクトを用いた空中表示に関する研究

3Dモデルを構成する物体点数が膨大（図7(a)）となると、それによって作成されたCGHの画質は劣化する（図7(b)）。当然ながら、劣化したCGHによる再生像の画質も劣化する（図7(c)）。この問題を解決する方法として、時空間分割法が提案されている（図8）。3Dモデル

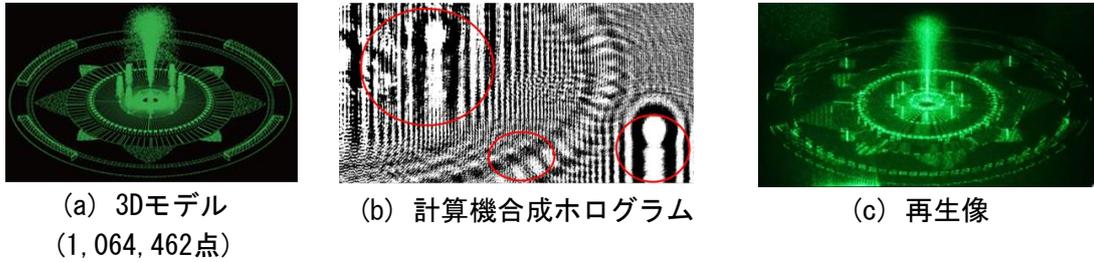


図7 膨大な物体点からなる3D物体によるCGHと再生像の劣化

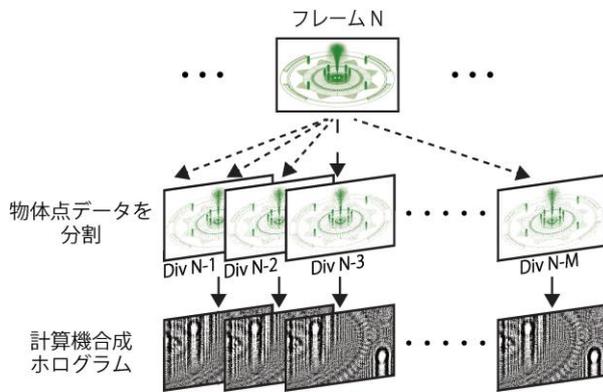


図8 時空間分割法

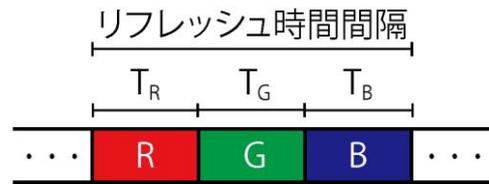


図9 CFS方式

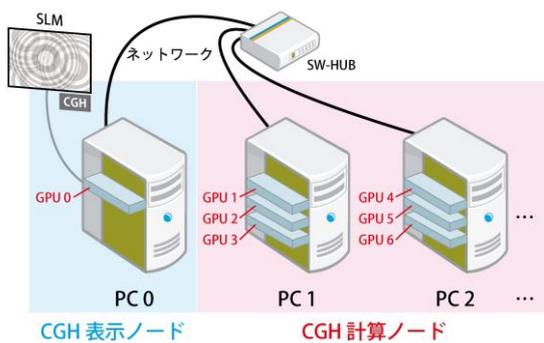


図10 マルチGPUクラスシステム

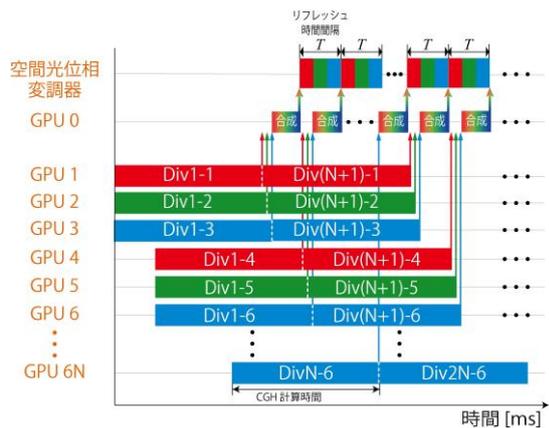


図11 パイプライン計算アルゴリズム

の動画において、各フレームの点群を複数のフレームに分割する。図8においてフレームNの元の3DモデルをM分割する。これが、空間分割となる。分割されたフレームに割り当てられる3Dモデルの物体点数は $1/M$ となり、各フレームのCGHの画像劣化を低減させることができる。図8において、分割された物体から作成されたCGHをすべて高速表示することができ

ば、残像効果により元の3Dモデルが補完される。しかし、元の動画よりもフレーム数がM倍となり、再生時間も分割数に比例して増加する。CGHを高速表示するため、リフレッシュレートが180Hzのカラーフィールドシーケンシャル(CFS)方式(図9)のSLM(Holoeye Photonics社LET0-3-CFS-127)を使用した。このとき、3Dモデルを構成する物体点数が増加すると、CGH計算の高速化が必要となる。そこで、12枚のGPU(NVIDIA GeForce RTX 4090)を計算ノードに搭載したマルチGPUクラスタシステムを構築し、時空間分割法におけるパイプライン計算アルゴリズム(図11)を実装した。図7(a)の約100万点からなる3Dモデル「噴水」を用い、空中像のリアルタイム再生を試みた。再生像を評価するため、図12の平面スクリーンを用いた二次元像空中表示装置を用いた(図12)。問題なくリアルタイム再生は実現できた。しかし、再生される空中像が小さいと不鮮明な像となった。約100万点からなる3Dモデルを高精細に空中表示するには、大きな三次元空中像を再生する必要があることが確認された。

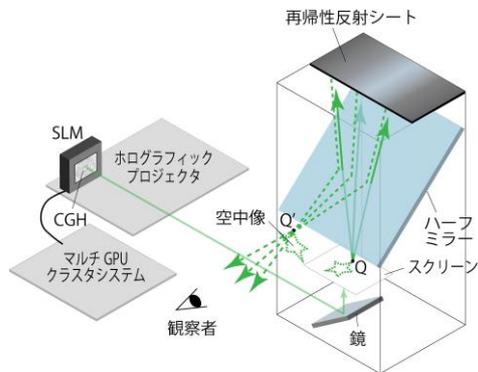


図12 平面スクリーンによる空中表示装置

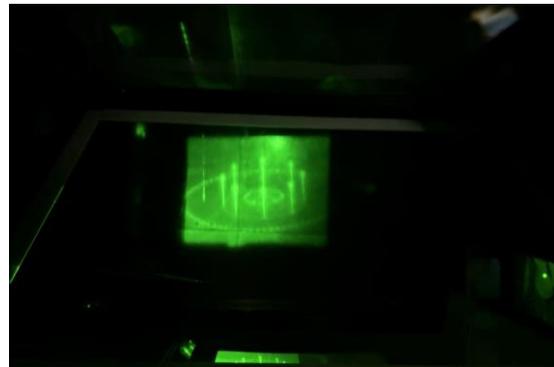


図13 再生像