

第20回ビジュアライゼーションカンファレンス

2014.11.7

3次元構成手法の開発と 応用技術への展開

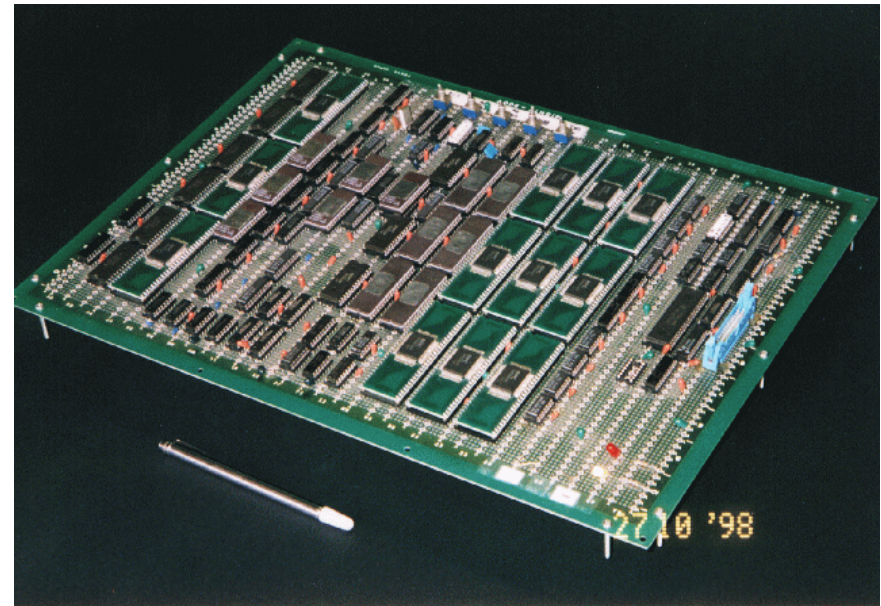
千葉大学 大学院 工学研究科
人工システム科学専攻 電気電子系コース
伊藤智義

講演内容

- 重力多体問題専用計算機GRAPEと可視化
- ホログラフィ専用計算機HORNと3次元映像
- 2次元情報を複数内包する立体ディスプレイ
- 2次元面から3次元構造を生成する折りたたみ技術

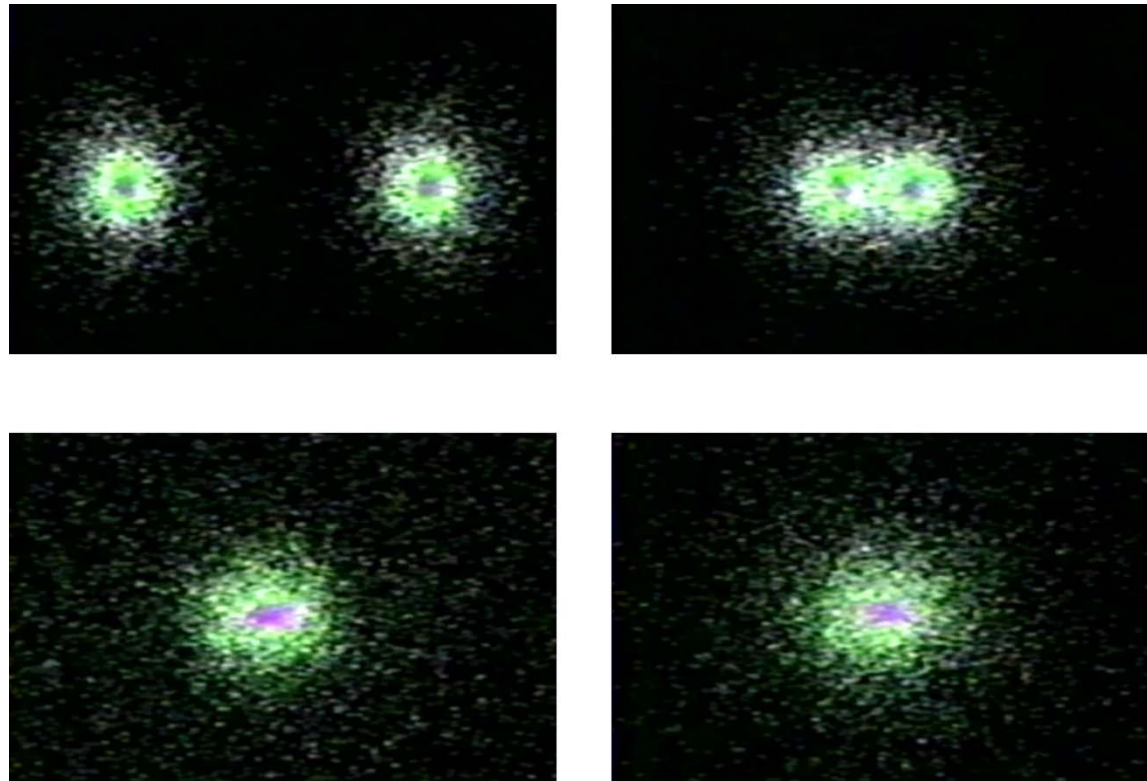
手作りスーパーコンピュータ GRAPE-1

- 1989年9月完成
- IC総数97個
- 製作費20万円
- 演算速度240Mflops
(初期のスパコンに匹敵)



計算対象: 無衝突系重力多体問題(低精度で計算可)
具体的には、「銀河」や「銀河団」など

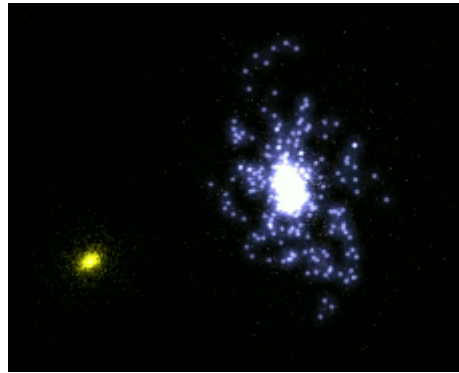
GRAPE-1の数値シミュレーションによる 巨大銀河論争の決着



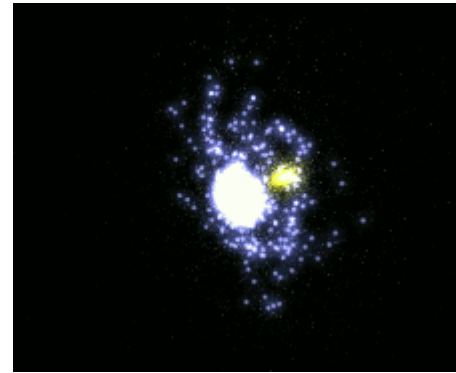
- 2個の銀河(左上)が衝突(右上)、合体(左下)、安定(右下)
- 星の色の分布は合体後も変わらない

シミュレーション例： 車輪銀河の形成

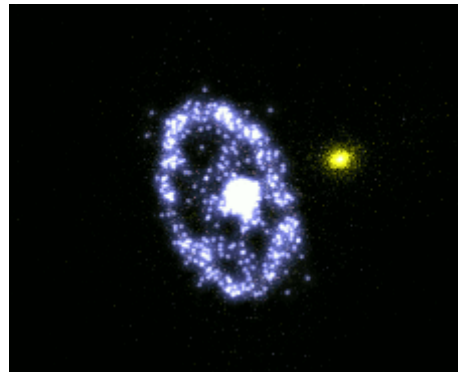
①



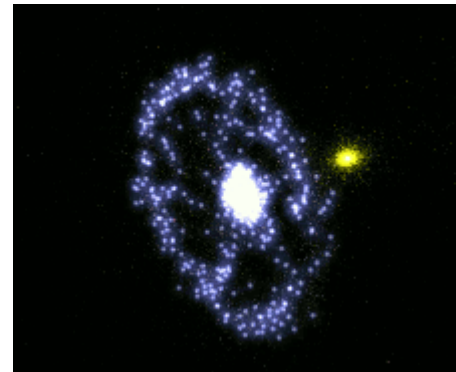
②



③



④

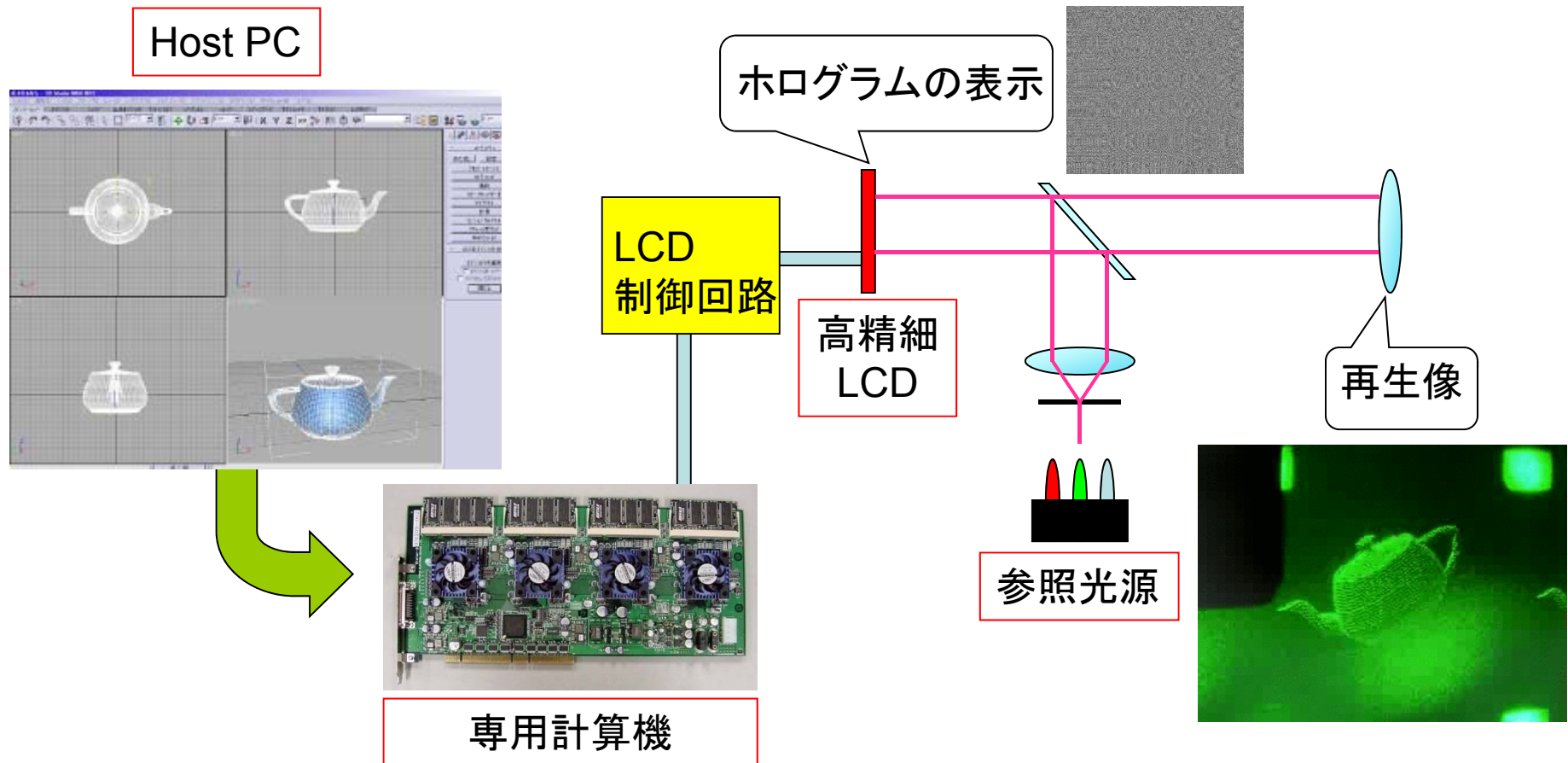


ホログラフィによる究極の3次元TV

- 総務省発表(2008年初頭)
 - 「2025年までに『夢の立体テレビ』を実用化する」
 - 近年の「立体テレビ」は本当の意味での立体(3次元)にはなり得ていない
 - 真の3次元テレビの実用化には、まだ10年以上を要する
- ホログラフィ
 - 究極の3次元映像技術
 - デジタル処理が困難

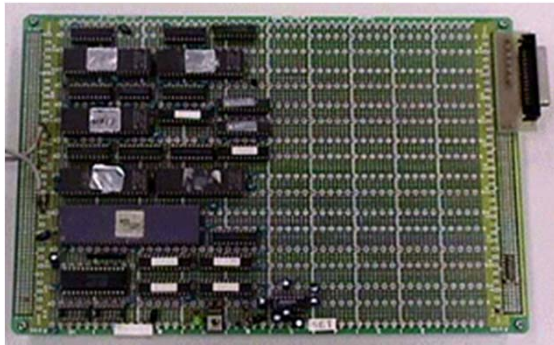


ホログラフィ専用計算機による 3次元動画像システム(立体テレビ)

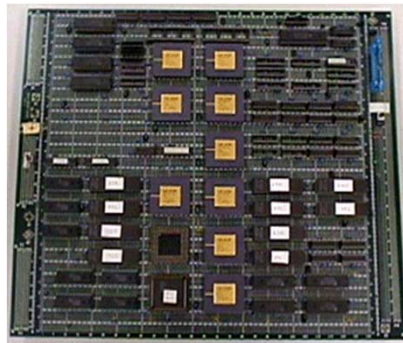


1. ホスト計算機上の
3次元画像データを
専用計算機に送信
2. 専用計算機により
ホログラムの計算を行い
LCDに表示
3. 光学系で3次元画像を
空中に再生

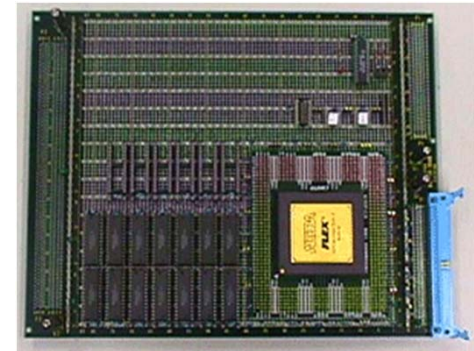
ホログラフィ専用計算機HORN (Holographic Reconstruction)



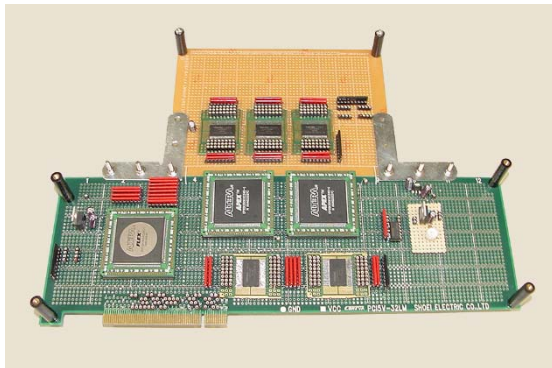
HORN-1 (1992)



HORN-2 (1994)



HORN-3 (1998)



HORN-4 (2001)



HORN-5 (2004)



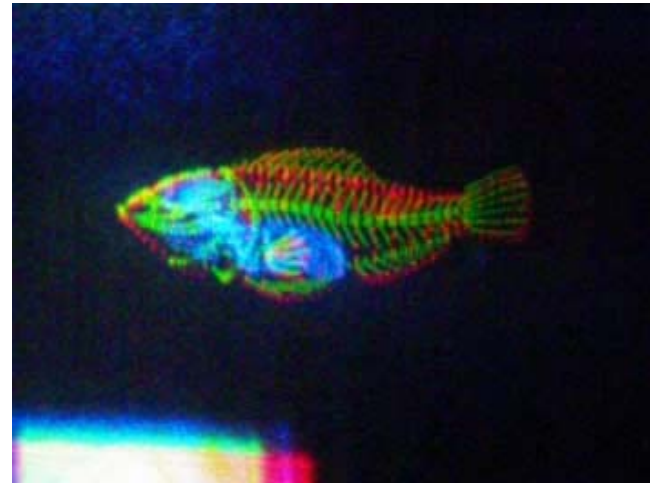
最新HORN (2015)

GPUによるカラーホログラフィ

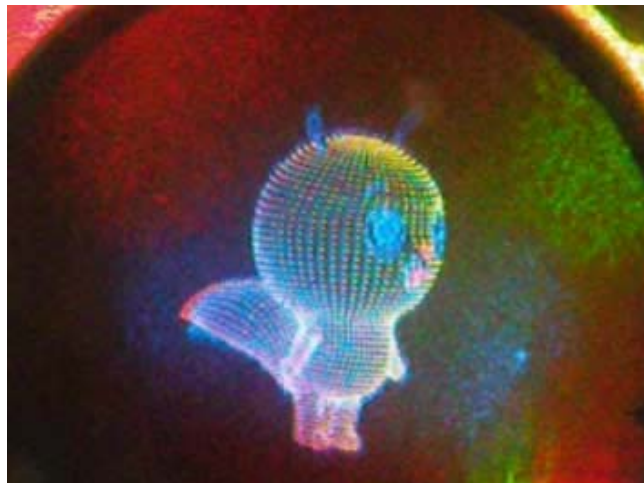
(2010/3/20 NHK BS)



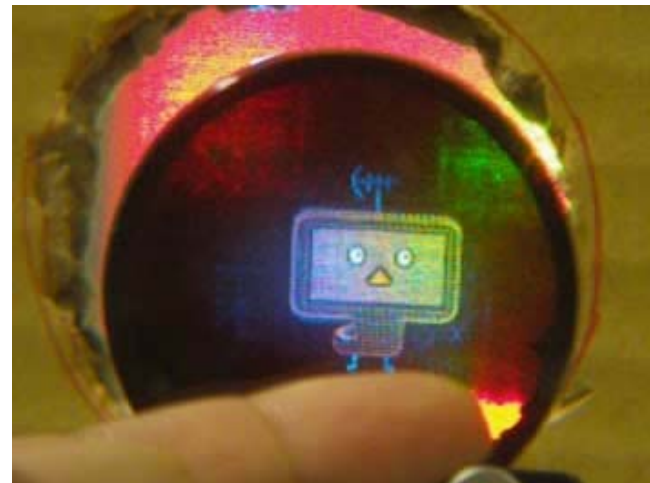
テストパターン



魚



ななみちゃん(隠面消去有り)

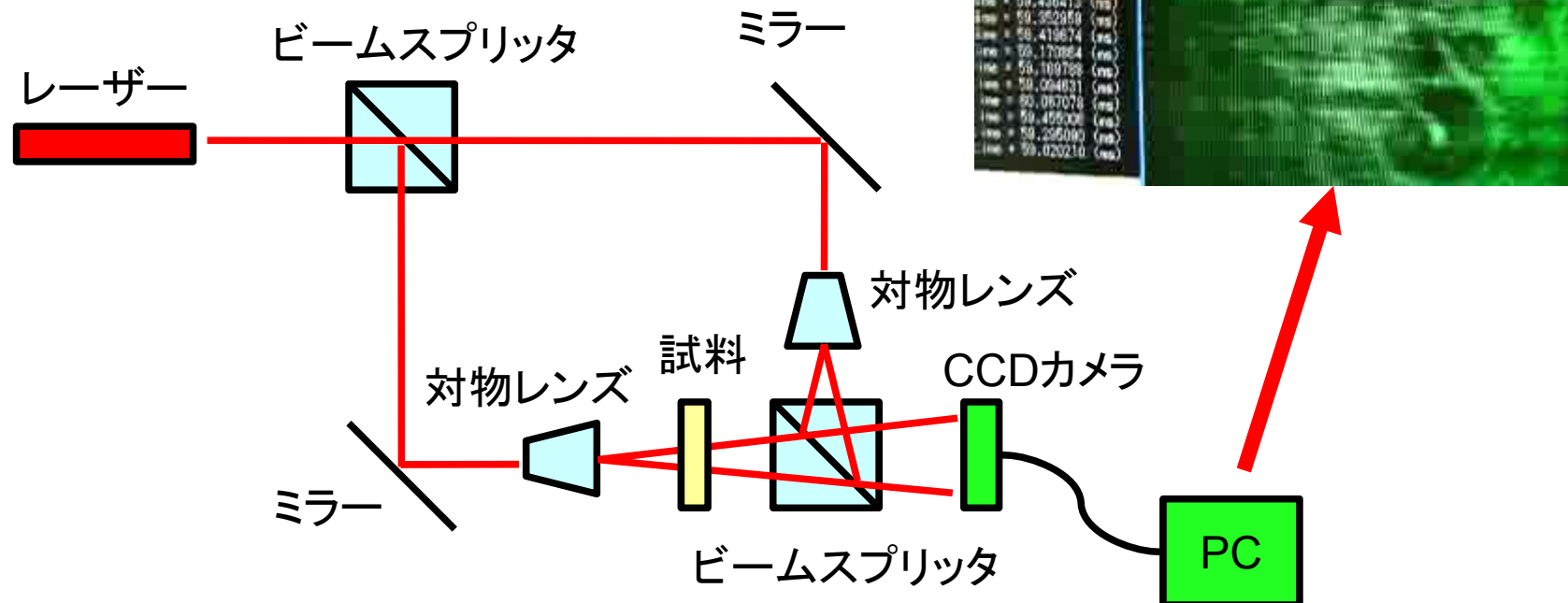


デジドリ(隠面消去有り)

ホログラフィック顕微鏡

- 対象をホログラムとして撮影し、コンピュータ上で再生して観察・計測する

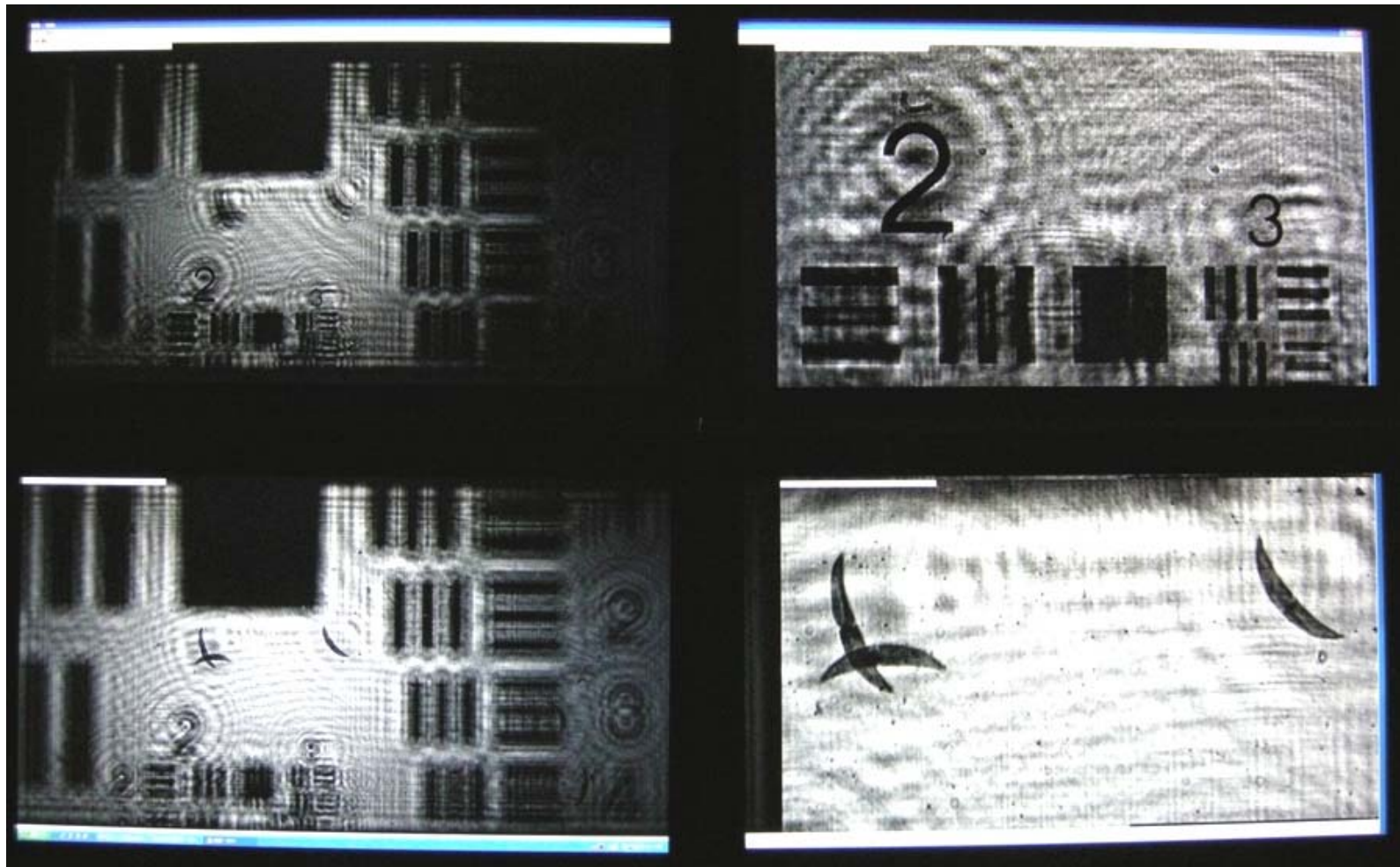
奥行きを変えながら再生面を計算し、ピント合わせを行っている例



複数ディスプレイで複数の再生像

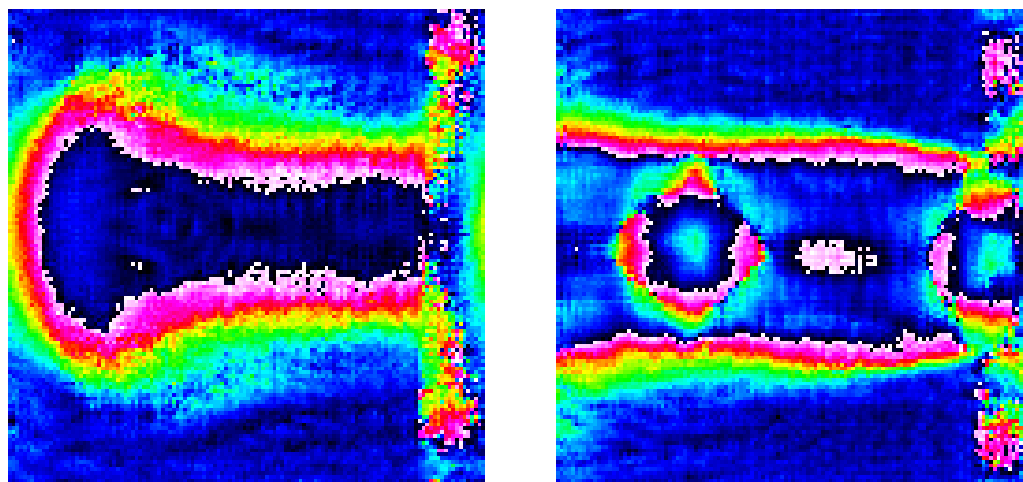
全体像を見ながら、細部の観察が可能に

(サンプル: テストパターン、ミカヅキモ)



超短光パルスを用いた ホログラフィ高速イメージング

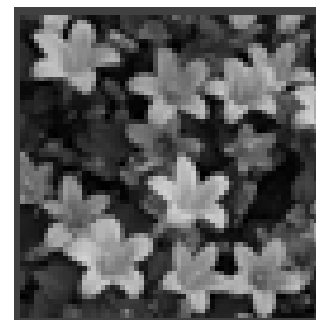
- 超短光パルスレーザを用いてホログラムを記録
- 時間的・空間的に連続な動画像を記録・観察可能



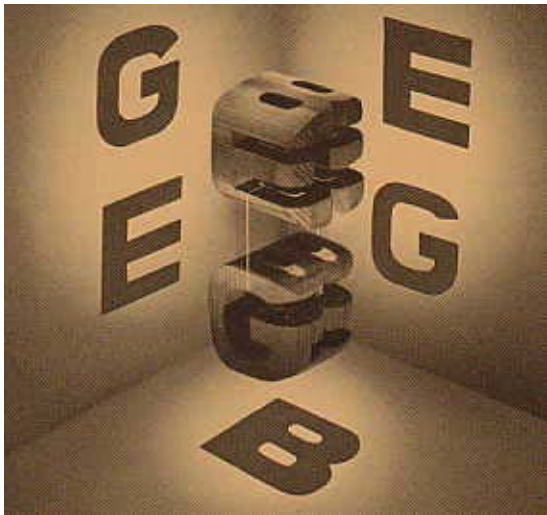
圧縮ガスの噴霧

3:2次元情報を複数内包する立体ディスプレイ

2次元情報を複数内包する立体ディスプレイ ー クリスタル加工での試作例 ー



3次元アンビグラム(従来手法)



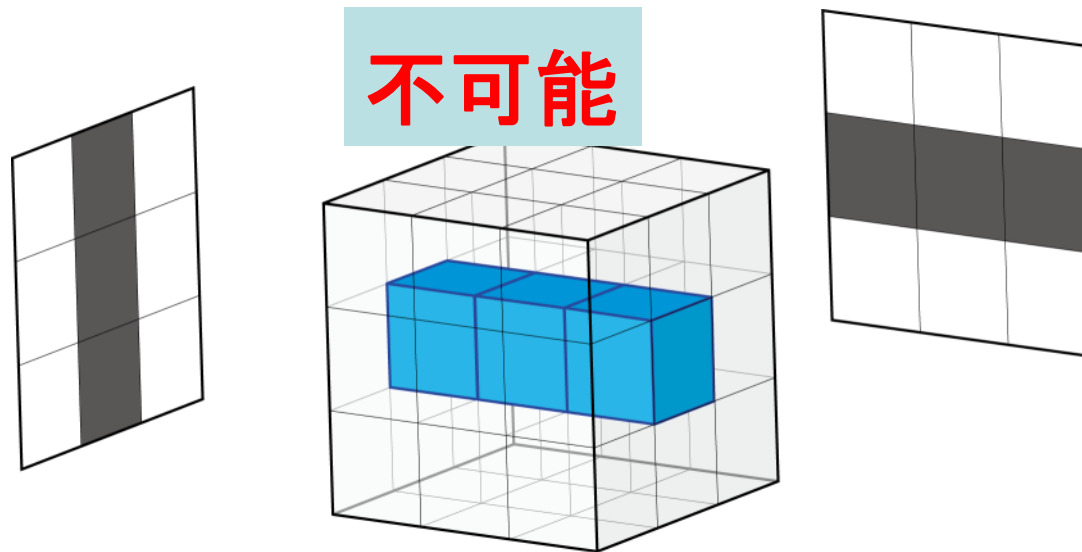
G E B

“ゲーデル・エッシャー・バッハ”
ダグラス・ホフスタッター



“こんにちは”と“Hello”

従来手法の制限



- ・記録できるのは2値の画像のみ.
- ・記録枚数と画像の組み合わせは限定される.

従来手法との比較

従来技術



2値の画像

提案手法



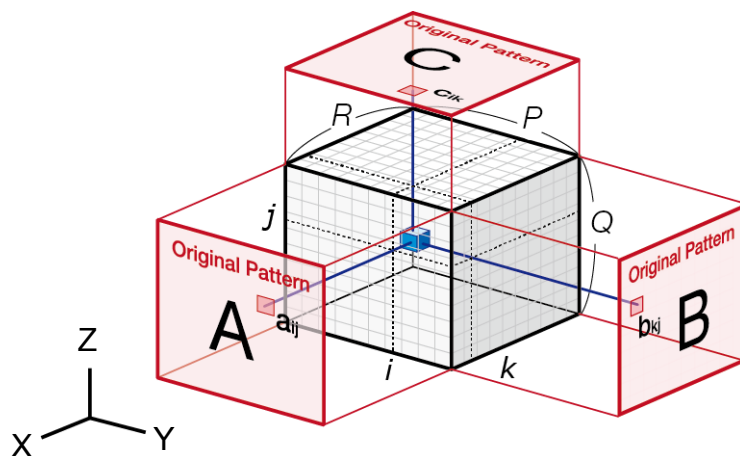
多値の画像(256階調)

記録物体に**階調**を持たせる

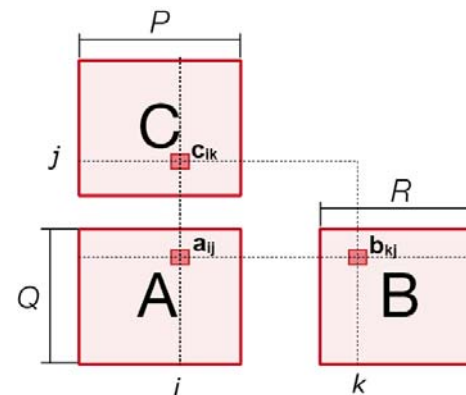
提案手法の特徴

1. 記録される2次元情報は**階調**を持つ
2. 記録する画像にほとんど**制限がない**
3. 記録枚数は理論上, **任意に増やせる**

記録アルゴリズムー3枚の場合



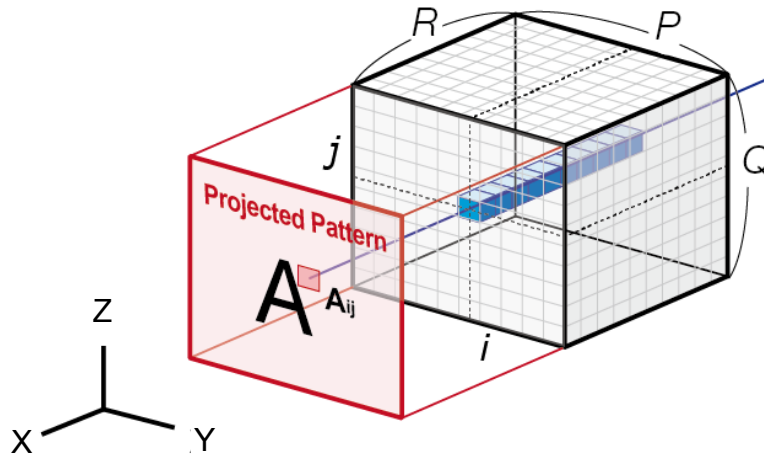
$$V_{ijk} = a_{ij} b_{kj} c_{ik}$$



V_{ijk} : ボクセルの画素値
 a_{ij}, b_{kj}, c_{ik} : ピクセルの画素値

1. 記録する2次元情報を異なる軸上に配置する
2. 値を計算するボクセルの場所を決める
3. それぞれの2次元情報へ垂線を引く
4. 上の式のようにピクセルの値をかけあわせる

投影される情報



A_{ij} : X軸方向に投影される画素値

$$A_{ij} = \sum_{k=1}^R V_{ijk} = a_{ij} \sum_{k=1}^R b_{kj} c_{ik}$$

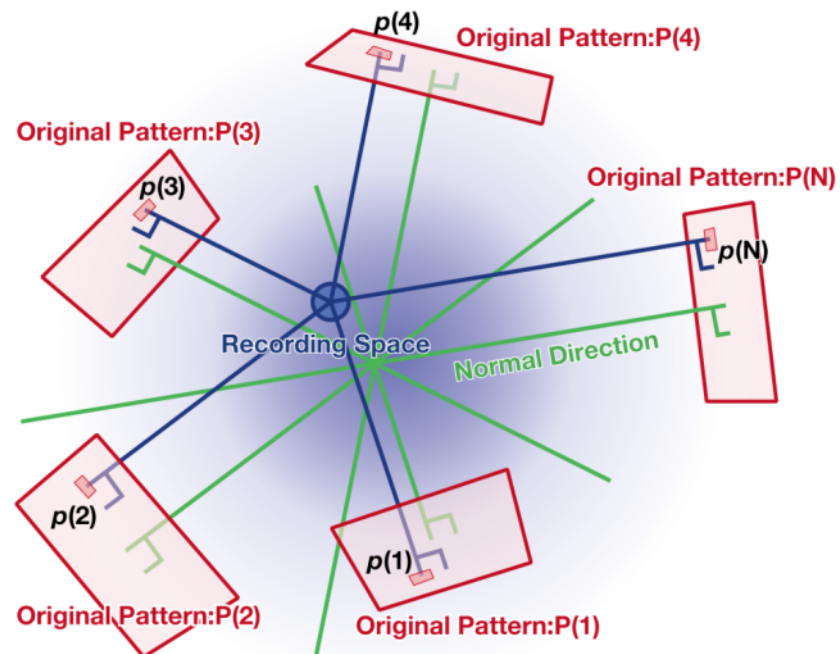
理想はすべての (i, j) において $A_{ij} = a_{ij}$ が成立つことなので,

$\sum_{k=1}^R b_{kj} c_{ik}$ が一定であることが望ましい.

一般的には一定とはならないので**ノイズ成分が発生**してしまうが、
この変化が緩やかであれば**背景ノイズ**として扱うことができる.

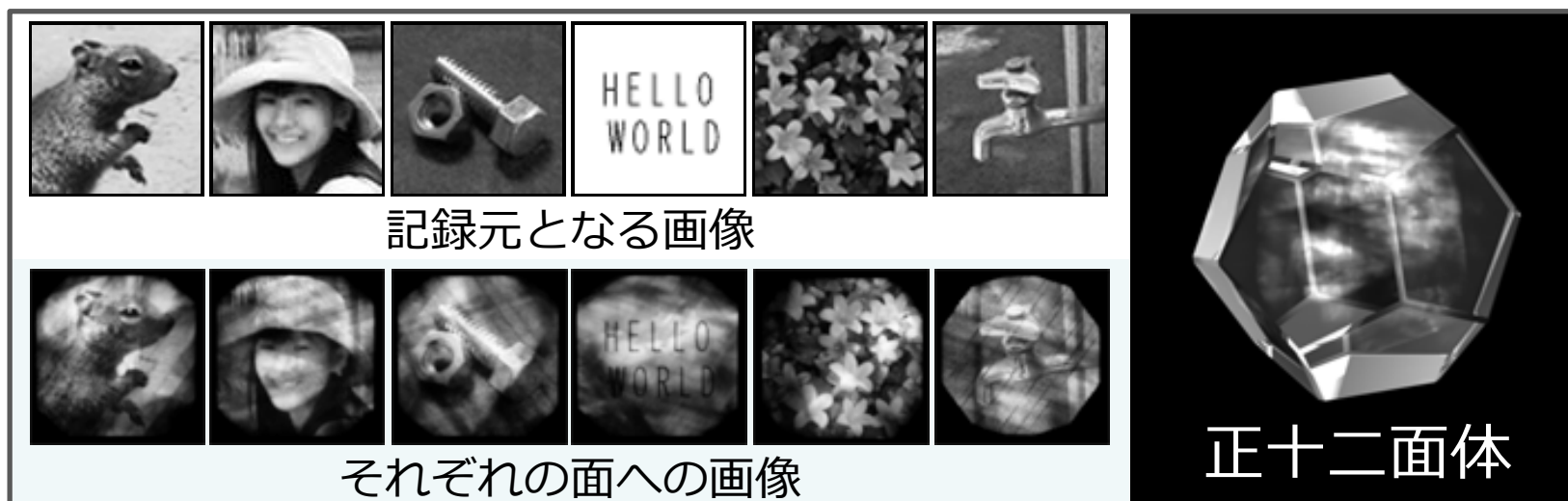
十分に認識は可能である.

記録枚数の拡張



$$V = p(1)p(2)p(3)p(4) \cdots p(N)$$

CGシミュレーションでの検証例

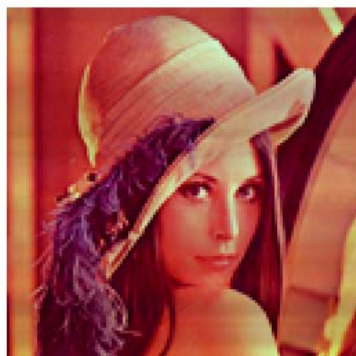
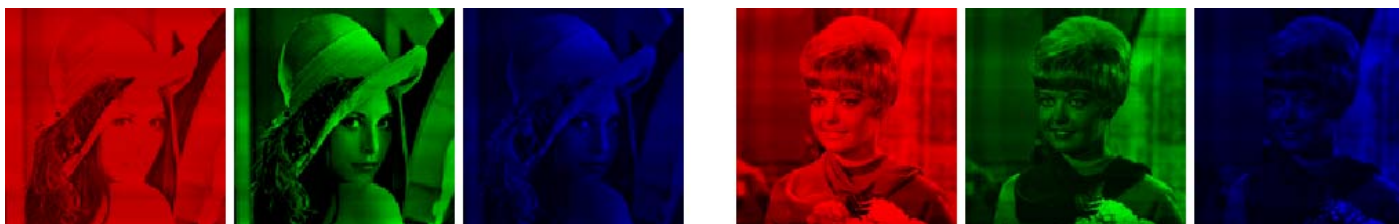


カラー化

記録元となる画像



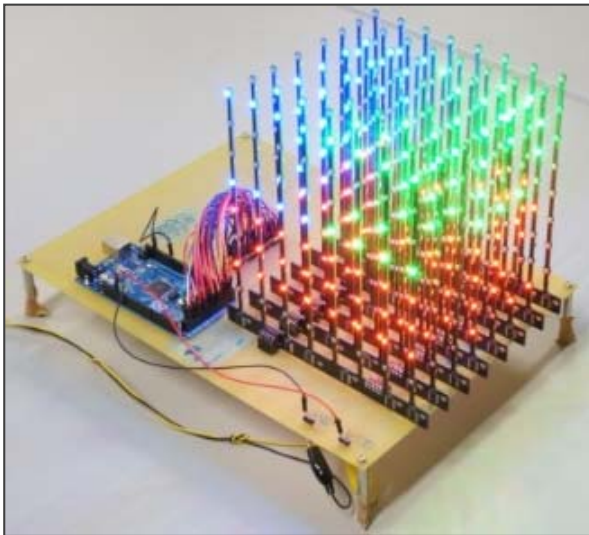
シミュレーション結果



ボリュームディスプレイ(電子化)

高さ・幅に加えて奥行方向にも情報を持ったディスプレイ

試作したボリュームディスプレイ



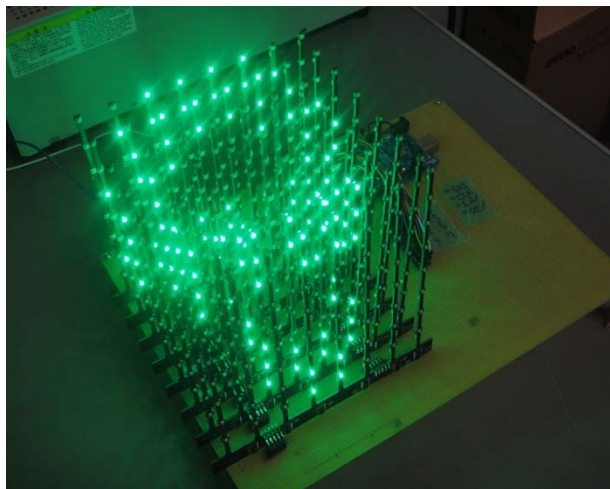
LEDを用いた
ボリュームディスプレイ



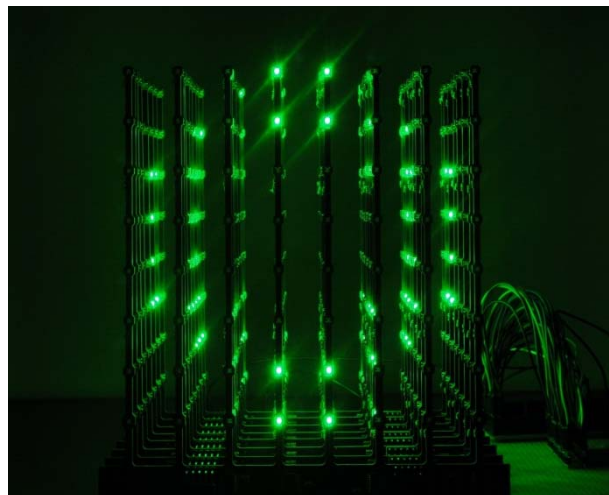
糸とプロジェクタを用いた
ボリュームディスプレイ

LEDキューブによる試作

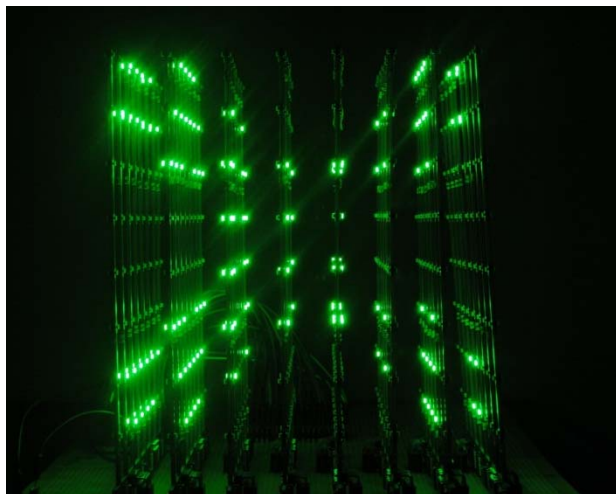
俯瞰図



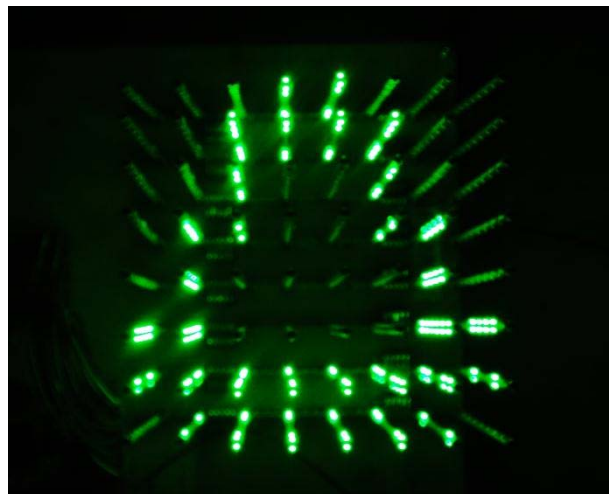
上面



正面



側面



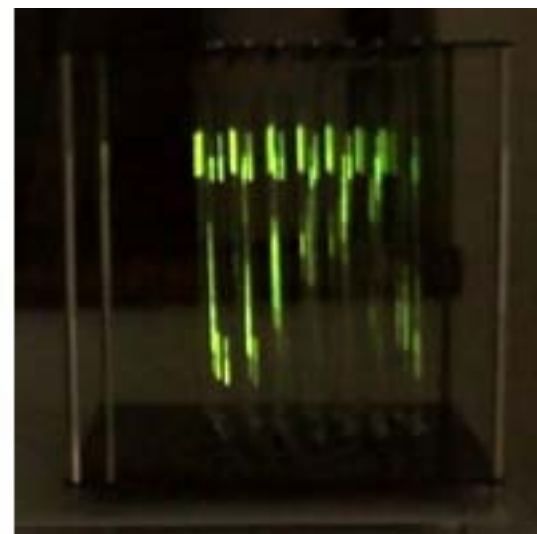
糸ディスプレイによる試作



俯瞰図



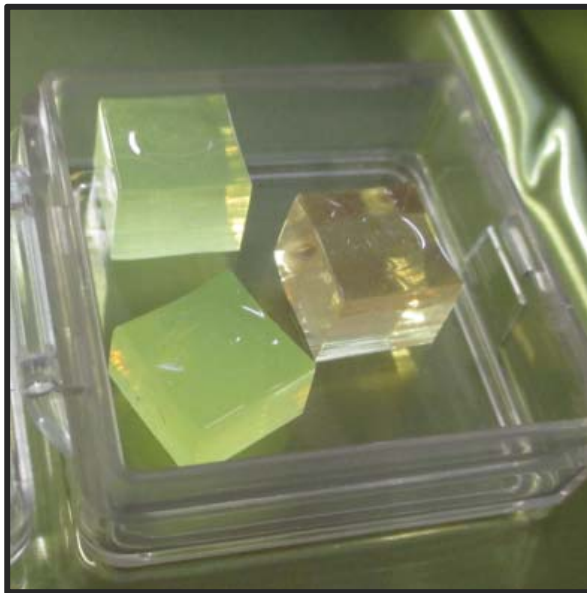
正面



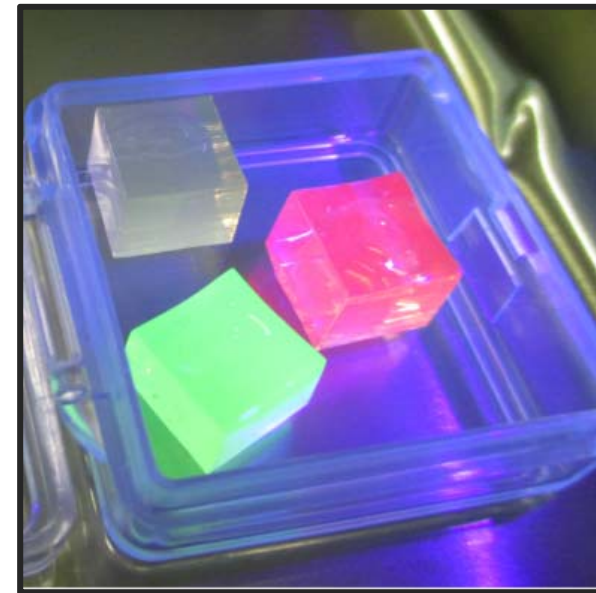
側面

電子制御から光制御へ

— 無配線・高精細・フルカラーのボリュームディスプレイ —



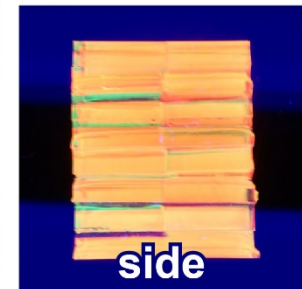
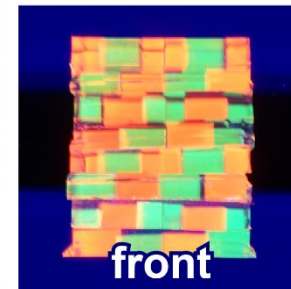
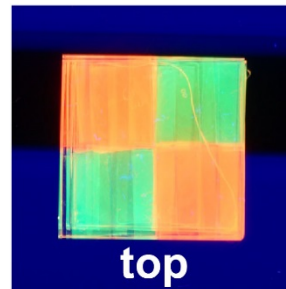
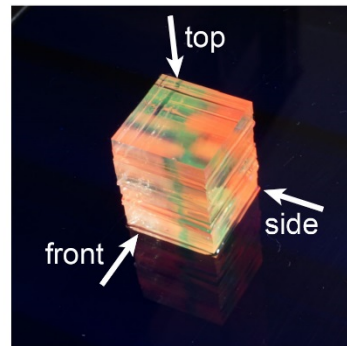
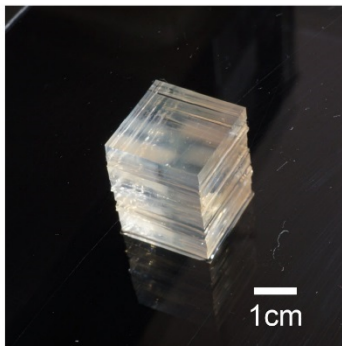
励起光照射



紫外光を当てると発色する材料を用いる
(量子ドット・フォトクロミック色素など)

量子ドットボリュームディスプレイの試作

- ボクセル数 : $8 \times 8 \times 8$
- ボクセルサイズ : 2.5 mm
- 使用した量子ドット : CdSe610(赤), CdSe560(緑)
- 励起光波長 : 302 nm



俯瞰した様子

各面へと表示される画像

4:2次元面から3次元構造を生成する折りたたみ技術

平面と立体を可逆的に変化させる構造

平面モード



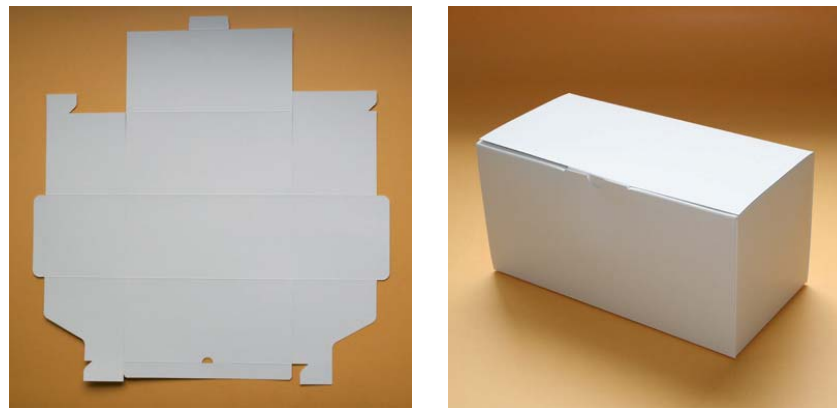
立体モード



- 上下に取り付けた持ち手を引っ張ると瞬時に立体を形成
- 強く引っ張るほど強固
- 球体や卵型、回転楕円体などの曲面で構成された立体を形成可能

研究背景：従来技術の問題点

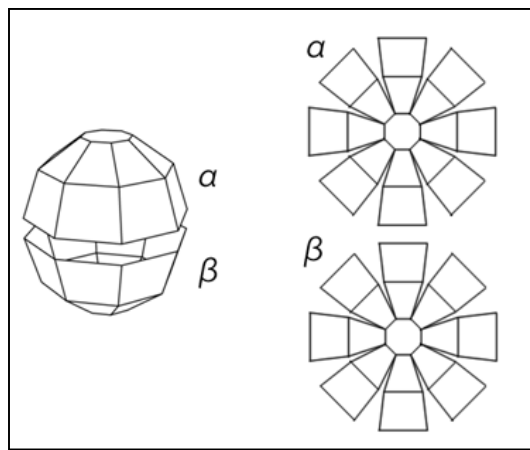
- 組み立てに複数の工程が必要
- 一度立体に組み立ててしまうと平面に戻すことが困難（容易ではない）
- 一般に単純な形状がほとんど
- 球体のような曲面体を形成することが困難



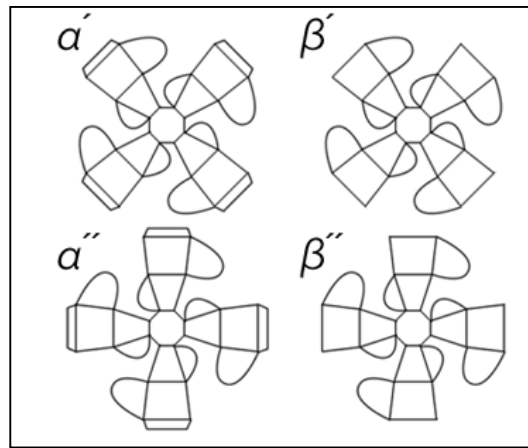
【従来技術の例：ケーキ箱】

提案手法の作製手順(球体の例)

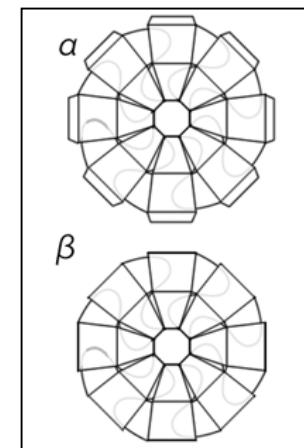
展開図の作製と組み立て



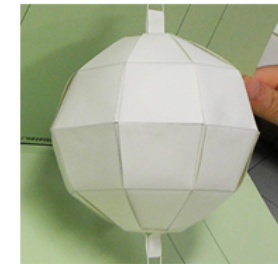
1



2



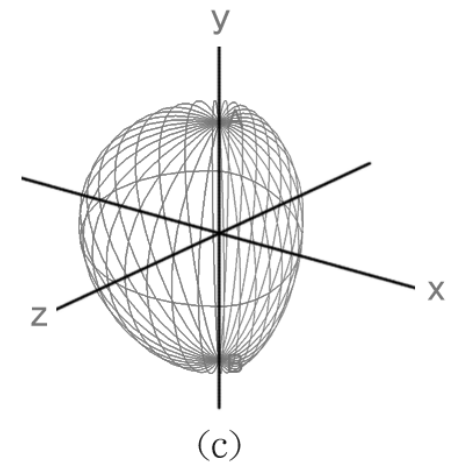
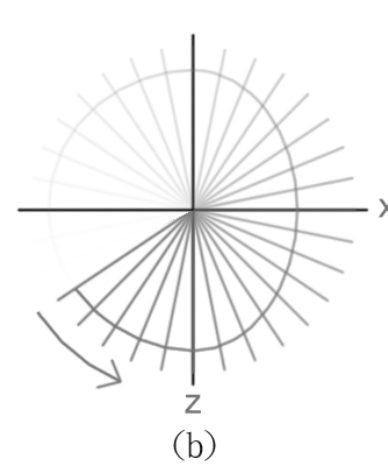
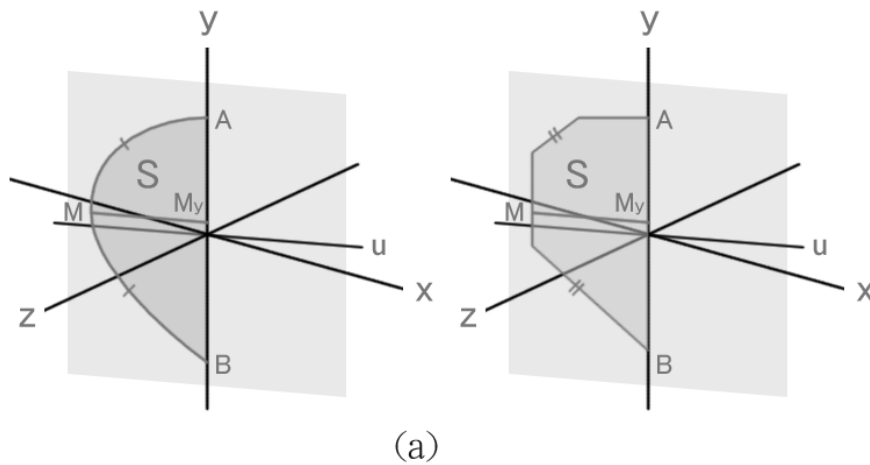
3



4

1. 球体に近似した多面体の北半球(α)と南半球(β)に分けて考える
2. 北半球と南半球をさらに2つに分け、図のようなはねを交互に取り付ける
3. 北半球と南半球を組み立てる
4. 北半球と南半球を接着することで完成

提案手法の条件



立体の各経線の中点を結んだ線(赤道)が折りたたまれる

作製可能な立体構造の例



(a)



(b)



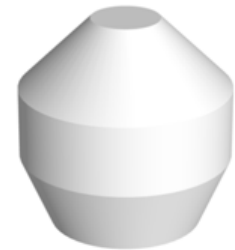
(c)



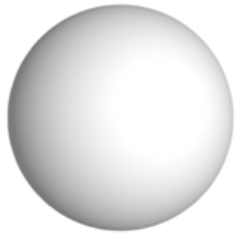
(d)



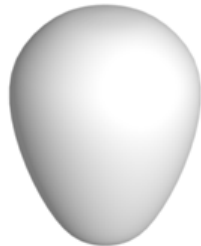
(e)



(f)



(g)



(h)



(i)



(j)

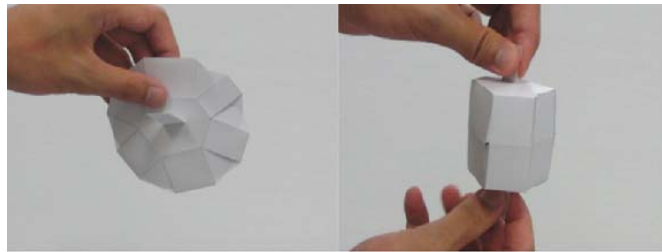


(k)

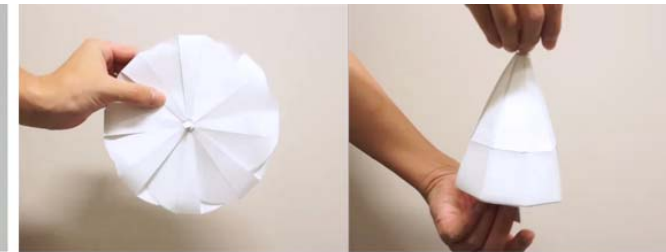


(l)

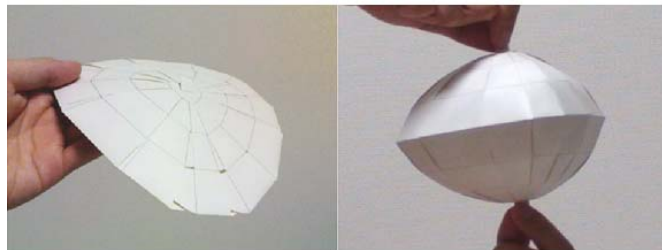
作製例



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)



(f)



(g)



(h)

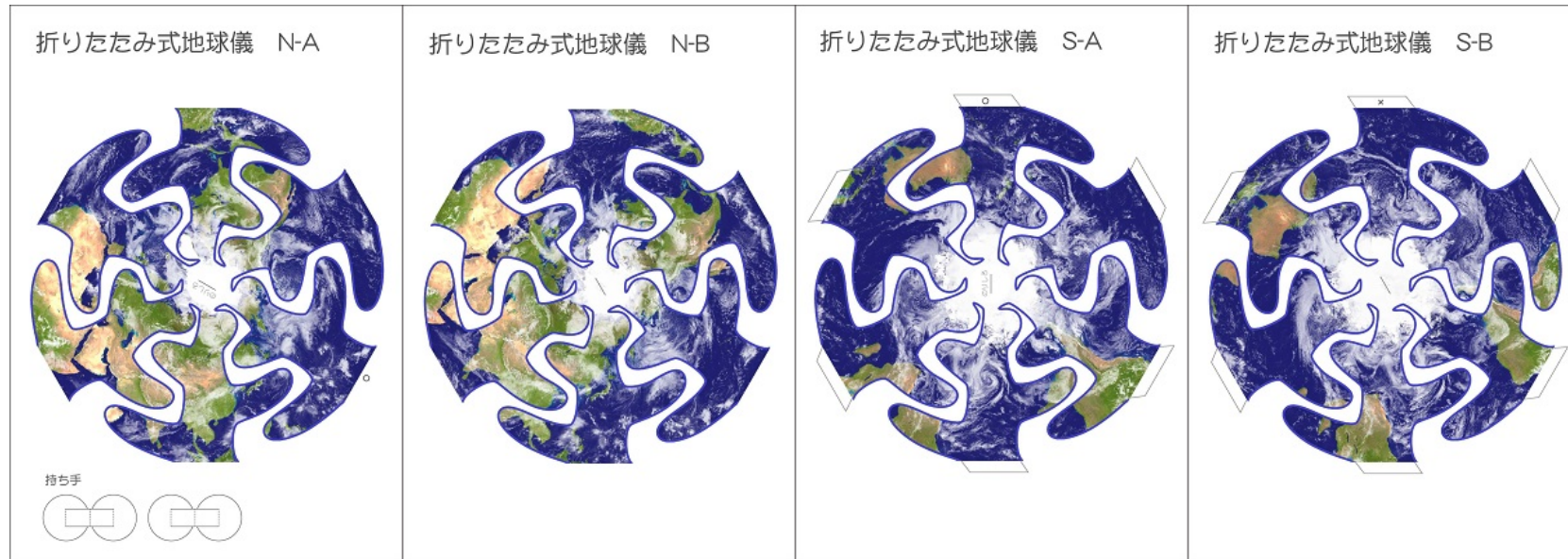
想定した(している)用途

- 教材 → 科研費(萌芽)
- キャラクタ商品 → 関連企業と打合せ
- 書籍などの付録
- 飛び出す絵本
- 小物用の収納箱
- 災害用テント
- 可搬型大規模スクリーン
└ 2020年東京オリンピックに向けて

意外な反響—

臨床医(外科医)から関心

教材1：展開図から立体を作る



4枚の展開図から作製

・プリンタで量産可

・はさみとのり

教材2: 立体で説明する

- 立体を使わないと説明が困難
- 立体を持ち運ぶのは教材として不向き



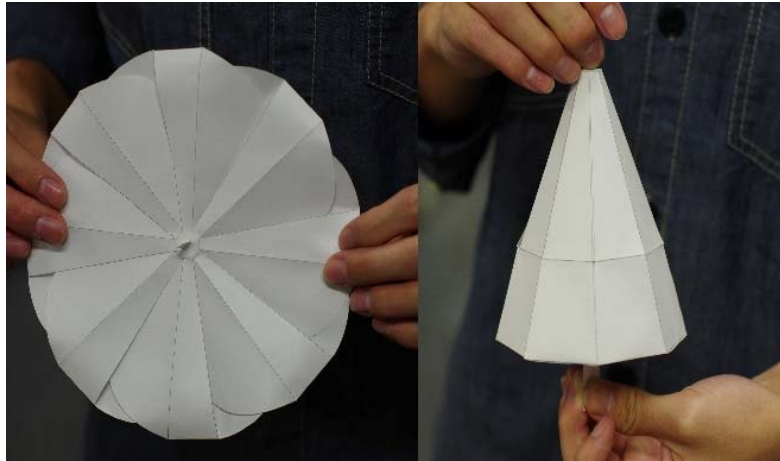
ユニオプト社製
(2014)

例: ポアンカレ球 (偏光を説明する強力なツール)

- | | |
|------------|--------------------------|
| ・偏光板2枚の実験 | → OK |
| ・円偏光や複屈折 | → ?? |
| ・ポアンカレ球の解説 | → 黒板など平面に投影した図では十分な解説が困難 |

もっと大きなものへの応用

世界最大の地球儀(直径12.6m)
DeLome社“Eartha”



災害用テントのモデル
(八角錐)



本技術＋マルチプロジェクションで
世界最大の地球儀にチャレンジ



可搬型大規模プロジェクションシステムへ

医療応用：腹腔鏡下手術

― 術野確保の難点 ―

- 重力
 - ― 患者を傾けて腸管などの臓器を移動
 - ― 姿勢によっては負担が大きい
- ガス
 - ― 生体内にガスを注入して膨らます
 - ― 通常は液体で満たされている生体を乾燥
- バルーン
 - ― バルーンの背後を手術することが困難
- リトラクタ
 - ― ワイヤー(線)のため、十分な押さえつけが難しく、健康な臓器に負荷をかける
- ガーゼ
 - ― 呼吸移動などによって臓器表面に傷をつけやすく、術後の癒着の原因ともなる
 - ― 取り忘れ事故の負担も大きい



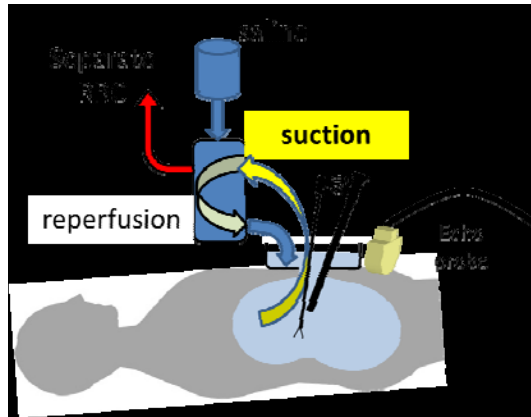
リトラクタ(NITI-ON社)



バルーン(COVIDIEN社)

千葉大学フロンティア医工学センター

— 水中腹腔鏡下手術 —



水を入れたビニール球を入れた様子：
制御が難しい

- 術野を確保するために、ガスの代わりに生理食塩水を利用
- 循環する水流の流速を遅くすることで良好な結果を得ている
- ただし、術野確保に難点がある

術野確保をめざす立体形成技術

形状試作の例

平面モード



立体モード



- 平面モードを折りたたんで体内に挿入→体内で立体構造を形成
- 利点
 - － 瞬時に空間を確保
 - － 面で臓器を押さえることができるため、術野が安定
 - － 立体を貫くように鉗子等を使っても立体形状が崩れない