



テーブルの全周から観察できる 裸眼3Dディスプレイ技術

情報通信研究機構

ユニバーサルコミュニケーション研究所

情報利活用基盤総合研究室

主任研究員 吉田 俊介

2019年7月18日

テーブル型3Dディスプレイ fVisiOn

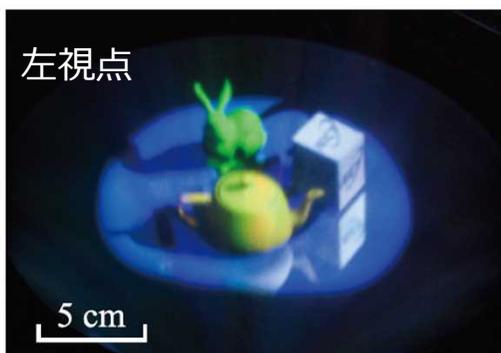
- 3Dメガネ不要、何人でも同時に観察可、テーブルの周囲360度



カードゲーム風コンテンツの実装例

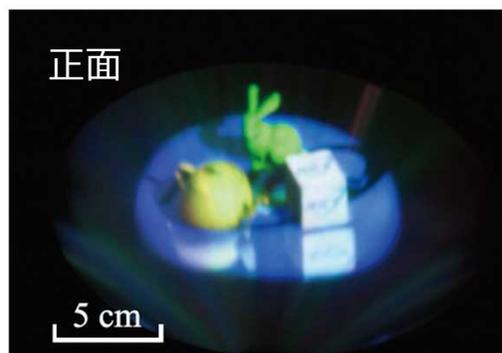


机の上にモノが本当にあるかのように鏡でも反射



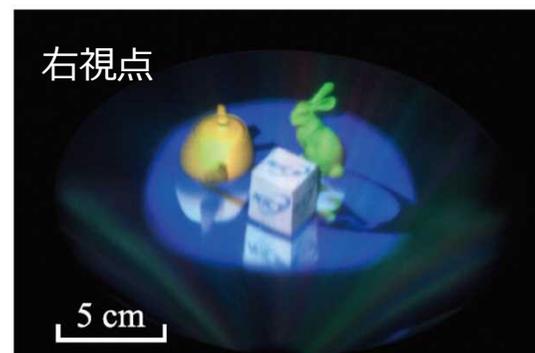
左視点

5 cm



正面

5 cm



右視点

5 cm

動画を含む詳細な情報 : <https://ucri.nict.go.jp/fvision/>

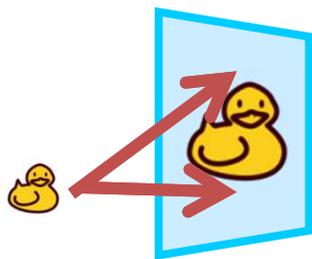
- 入手が容易になったVR・MRデバイス(HMDなど)
 - 問題点：利用時の不自然さ
 - いちいち装置を身に付けなければならない
 - ゴーグルが邪魔で相手の顔が見えない
 - みんなで一緒に場を共有している感覚が得にくい



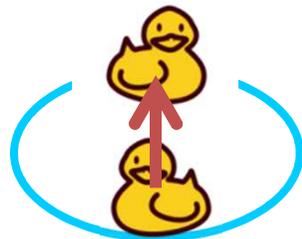
よくある普段のコミュニケーション
(これに3D映像を組み合わせた)

■ 空中像技術

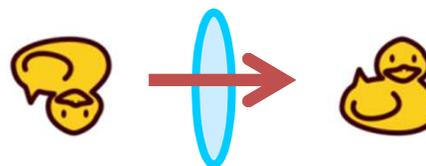
- 空中の何かに投影、またはレンズや鏡で空中に結像
 - 半透明スクリーン、煙、ハーフミラー、凸レンズ、放物面鏡、コーナリフレクタアレイ、再帰性反射材
- 利点：比較的安価、装着不要、多人数で観察
 - コンサート、博物館、広告
- 問題点：見える像は元と同じもの（基本的に2次元）
 - 3D表示するには実物か3Dディスプレイが必要



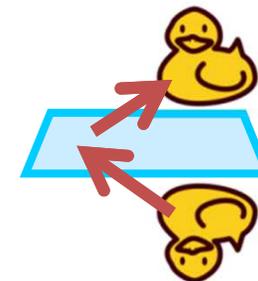
①透過スクリーンや煙に投影



②凹面鏡で空中に結像



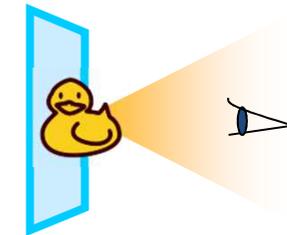
③凸レンズで前面に結像



④特殊な鏡で空中に結像

■ 3Dテレビ、3D映画

- 商業技術としてすでに普及段階
- 問題点：3Dメガネの装着が必要、奥行きのみでの立体感（視点を移動しても側面から見た映像は見えない）



➤ 従来技術の解決すべき課題

- 奥行きだけでなく全周360度から見える3D映像
- 特別なメガネなし、何人でも同時に体験可能
- 3Dディスプレイとしてテーブルのみが存在する
- 一般の人が「ホログラム映像だ」と思うものに近い体験

注意：本技術の名称は「ホログラム」ではありません（後述）

- 人にとって優しいコミュニケーションのためのツール
 - 机を中心としたいろいろな作業を支援する3D映像技術
 - テーブルはみんなで協力する作業に都合が良い
 - 写真や資料のように、3D映像も同じように扱いたい
 - 360度から見える、メガネなし、何人でもいっしょに
 - 一般の人が「ホログラムだ」と思うような体験
 - 普段使うテーブルと同じような利用形態

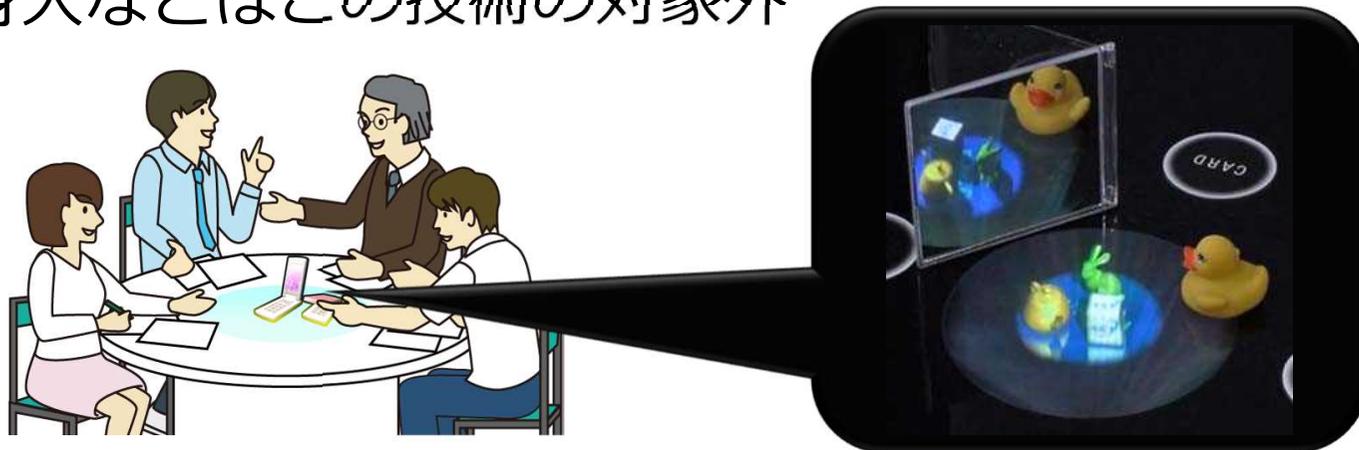


■ 形態的な特徴

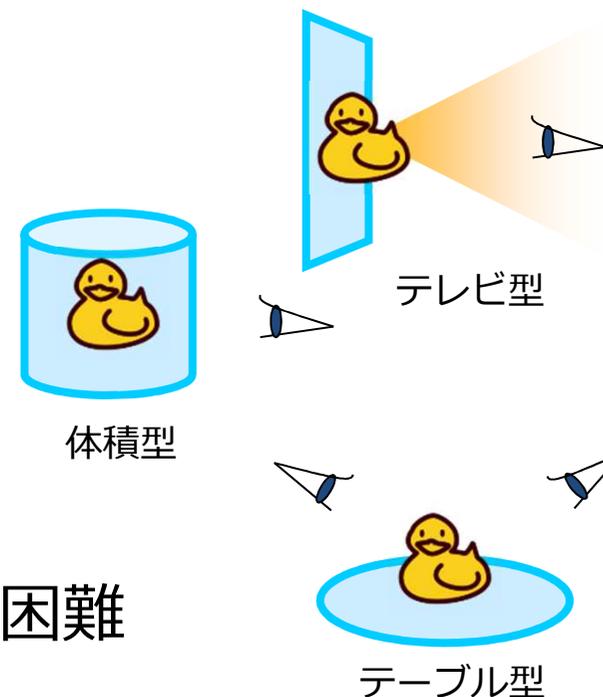
- 3Dメガネ不要、人数不問、テーブルの周囲360度の観察
- テーブル上の空間には一切の装置がない

■ 新技術の実現法

- テーブルより下側で完結する3D映像を作り出す原理
- 斜め35度からの観察に限定して全周方向の光線を再現
- 高さ20cm程度までのものを再現するのに適した原理
 - 等身大などはこの技術の対象外



- テレビ型（インテグラルTV、ライトフィールド方式）
 - 視聴形態はテレビ的、正面から奥行きのある映像体験
- 体積型（ボリューム）ディスプレイ
 - ガラスケースの中に3D映像がある
 - 装置が邪魔、フルカラー化困難



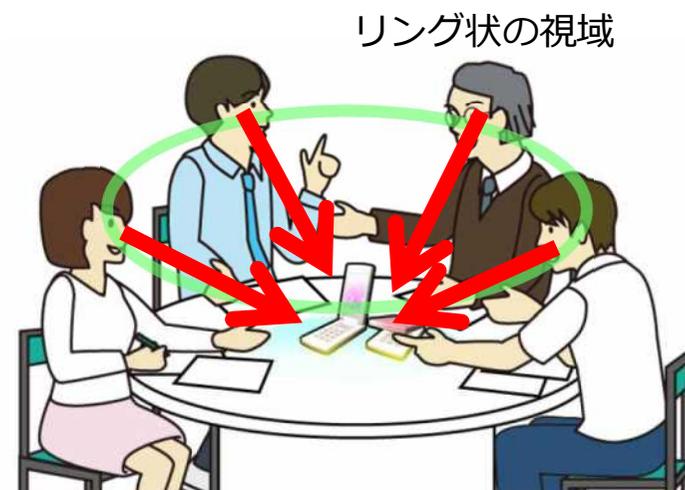
- 3Dプリンタ
 - 時間がかかる、逐次更新できない
- テーブル型ディスプレイ（他方式）
 - 機械駆動部分の騒音、フルカラー化困難

➤ 新技術

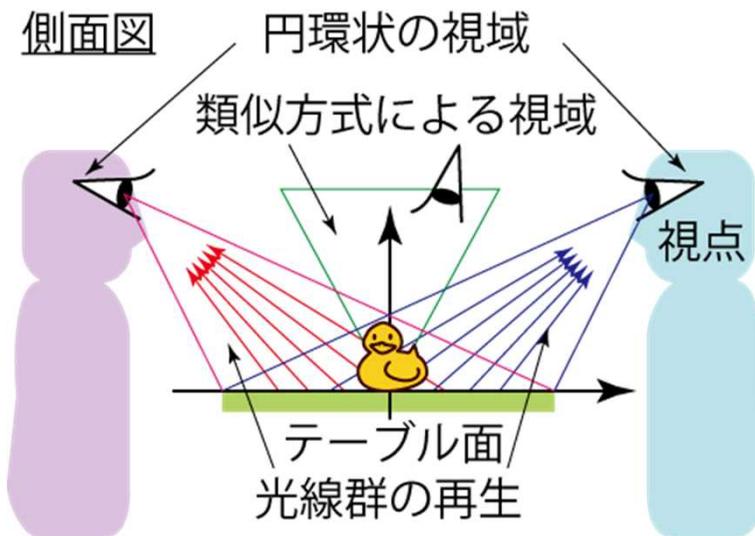
- テーブル上に装置なし、フルカラー、リアルタイム更新
- 難点：大量のプロジェクトが必要（製造での工夫が必要）

- 水平面・円周方向に視差を提示する3Dディスプレイ
 - Horizontal Parallax Only (HPO) 3D display
 - テーブルでの作業用途に特化した技術
 - 光線像再生技術を着座での利用形態に最適化
 - テーブルの周囲にリング状の観察領域（視域）生成
 - 表示装置はすべてテーブルの下側に隠蔽
 - テーブル上には邪魔な装置が一切ない

- 実現する上での技術課題
 1. 視域の制御方法
 2. 光学素子の製造方法
 3. システムの実装方法



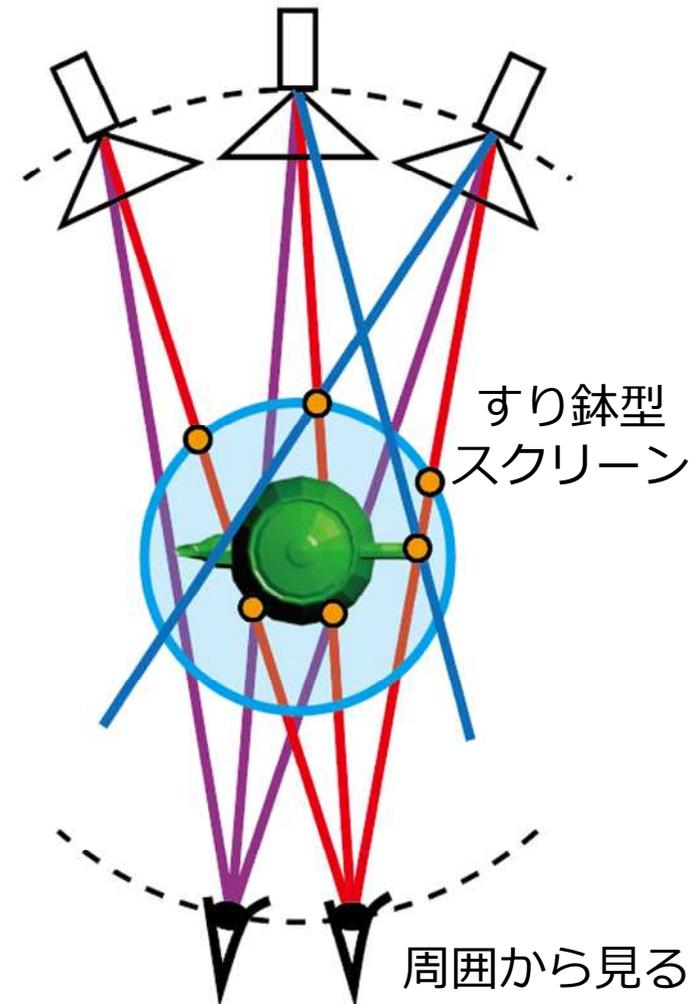
- 実際に机の上にモノがある状態 = 物体表面が光を反射
 - その状態と同じになるように**光線群を再生する**
 - 究極的に等価なら再生像か実物があるのか区別できない
- NICTの新技术：**テーブル型光線像再生ディスプレイ**
 - **すり鉢型スクリーン** + **大量のプロジェクタ**を円に配置
 - テーブルを取り囲む円状の領域にのみ光線を届ける技術



光線像再生（大量の光線で光の粒を再現）

- 物の表面 = 光の粒
- 円周上のたくさんのプロジェクタ
 - 色々な方向に向かう光線を大量に作る
 - テーブルの上で光線が交わる箇所 = 光の粒が無数にできる
 - 光の粒から飛び出る色を計算して光線に与える
- すり鉢型の特殊なスクリーン
 - ななめ35度の周囲で見えるように光線が飛ぶ方向を整える
 - 異方性拡散性能が必要

たくさんのプロジェクタ



NICTでの試作（既製品流用＋手作りレベル）

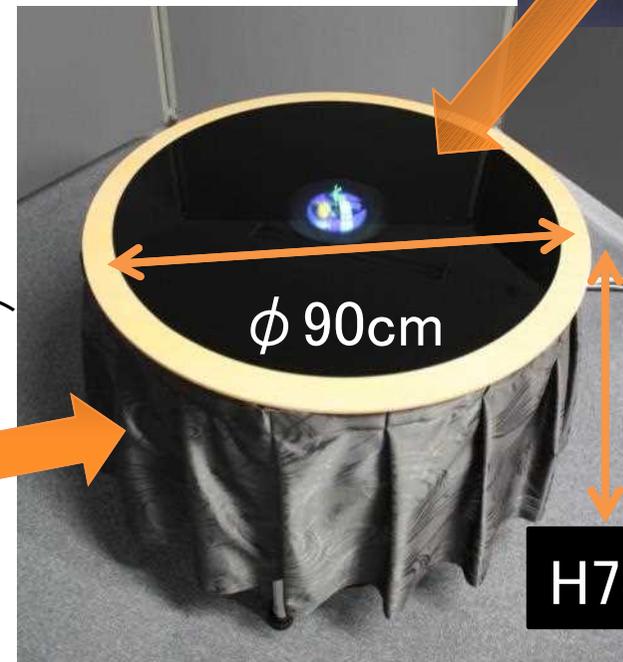
- プロジェクタを円周方向に配列
 - 直径90cmのテーブルの下に仕込まれている
 - 市販の小型プロジェクタ（幅7mm）288台を利用
 - 24個ずつ並べたユニットを12台製造（可搬に）
- すり鉢型スクリーンはテーブル面直下に配置
 - 半透明の亚克力プレートがテーブル面にある

すり鉢型スクリーン
直径20cm



24台の LCOS
プロジェクタ

×12
ユニット

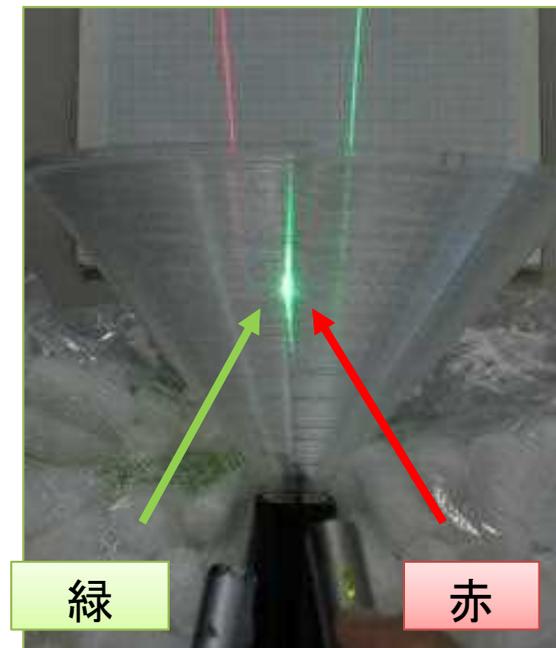
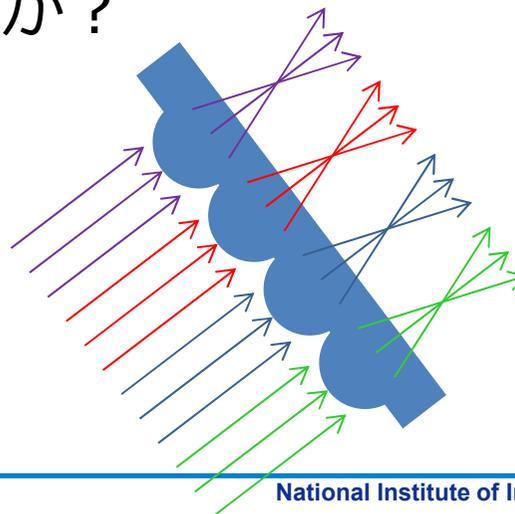


φ 90cm

H70cm

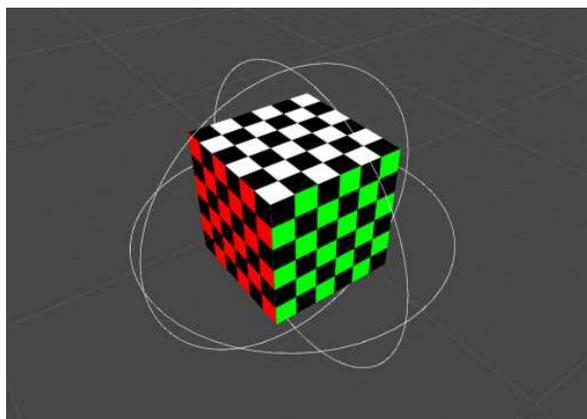
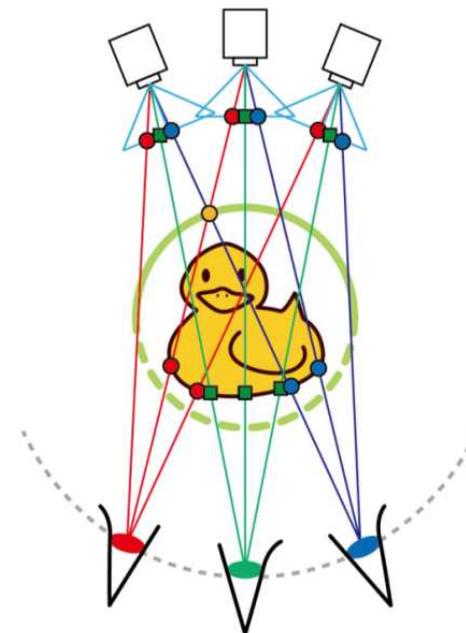
すり鉢型スクリーン（異方性拡散性能が必要）

- 大量の光線の飛行経路を制御する
- 円すいの側面に入る光線を
 - 垂直方向にだけ広げる
 - 円周方向にはほとんど広げない
- どうやったら実現できるか？
 - 円すいの側面をレンズにする
 - 垂直方向に波状のレンズ
- どうやったら作れるか？
 - 釣り糸をまく
 - 円錐表面を切削
 - ホログラム印刷

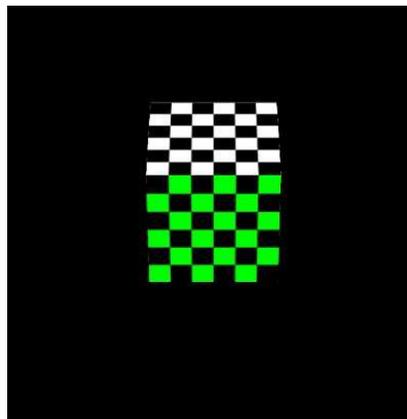


光線群の計算方法（ライブラリ化済み）

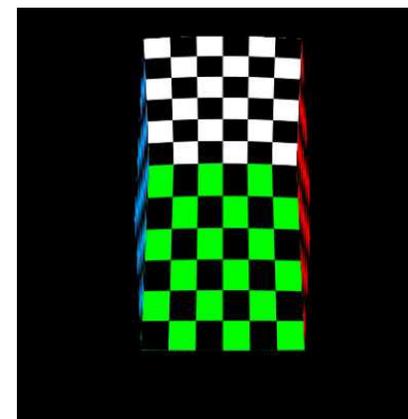
- 各光線はそれぞれ別の目の位置に届く
= **多重視点画像**を作る必要がある
- 光線一本一本の経路をコンピュータで計算
 - 4,600万本の光線情報を1秒間に60回計算
 - この光路ならどういう色になるか？を計算
 - 膨大な計算を複数のPCで分散処理するフレームワークをUnity*上にて実装済み
 - クリエータが容易にコンテンツ制作可能



再生する物体の形



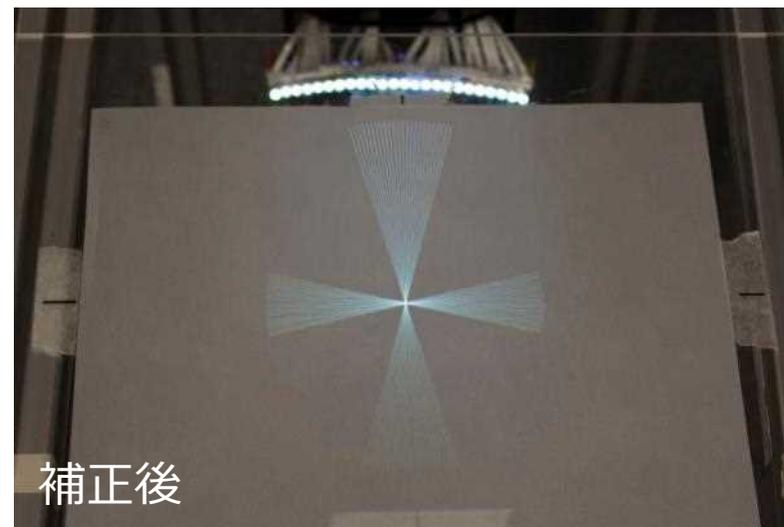
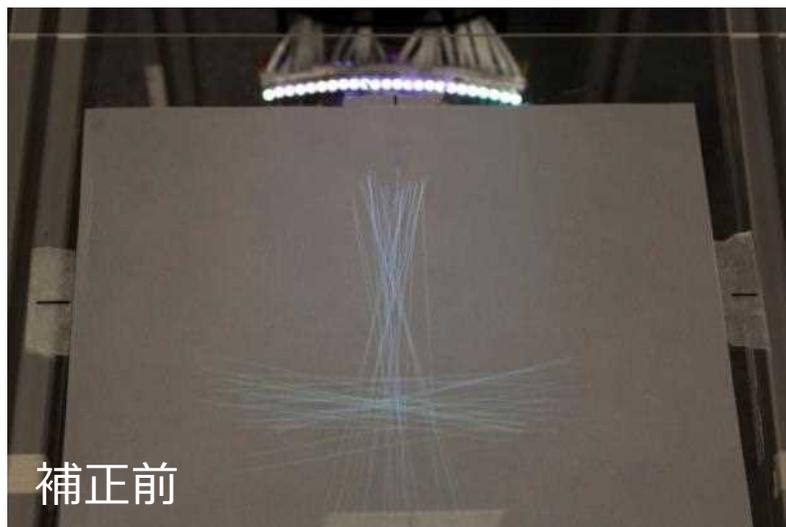
一般的な透視画像



多重視点画像

* Unityは、米国およびその他の国におけるUnityの登録商標または未登録商標です

- 目に映る像は複数の 프로젝クタからの像の合成
 - 物理的に正確に大量の 프로젝クタを並べるのは困難
- 3Dプリンタで作製した台座にラフに配置しその後補正
 - カメラを用いて誤差の状態を計測
 - 誤差の状態をなくすように投影する画像側を修正
 - 色温度と輝度も測定して均質化



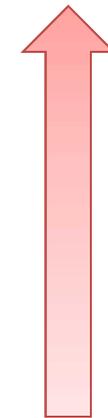
- SFやマンガで「ホログラム」と呼ばれている技術
 - 空中に浮かんでいる立体的な映像を表示する技術
 - 360度から見える（体積がある）、背景が透けて見える
- 本来の技術用語としてのホログラム
 - 完全な光の情報を記録した**媒体・物体の名称**のこと
 - 記録・再生する**技術の名称**は**ホログラフィ**
 - 光の波としての性質を完全に記録再生する技術
- 新技術(fVisiOn)の再生技術の名称
 - 光を光線の単位で離散化して記録再生する技術
 - **光線像再生、Light-field display**
- 観察形態（テレビ的か360度からか）はまた別の話
 - ホログラフィでも光線像再生でも実装例がある

技術としての分け方

■ 3D映像

- | | |
|-----------|----------------|
| □ 波面で再生 | ホログラフィ |
| □ 光線で再生 | |
| ■ 光線数が大量 | fVisiOn |
| ■ 幾つかの視点 | メガネなし3Dテレビ |
| ■ 2つの視点のみ | 3D映画、ゴーグルタイプVR |

情報・多



情報・少

体験としての分け方

- テレビのようにある方向からのみ観察（奥行きのみ）
- 置物を見るようにぐるっと周りから観察（見え方も変化）

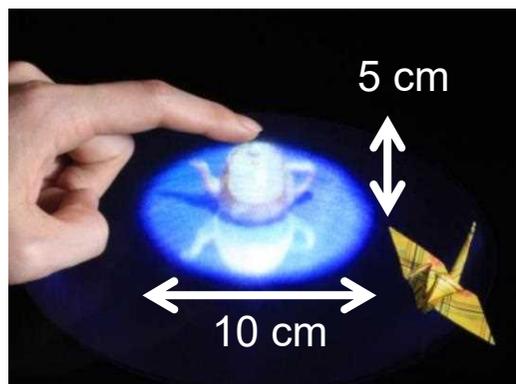
- テーブルとしての利用、複数人、メガネなし3D映像
 - 産業、教育、医療現場でのツール、広告メディア
 - 最先端の娯楽（ゲーム、実況、eスポーツ等）、観光



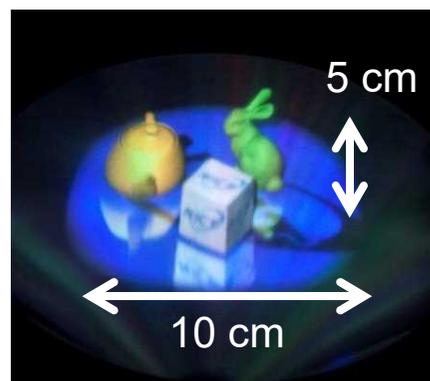
- 製造技術：手作り部分が多く画質・解像度が低い
 - これまでの研究で高品質化への道筋は判明済み
 - コスト：大量のプロジェクタ・信号処理基板
 - イニシャルコストのハードル、製造コストが高め
 - ニーズ：普及前の技術につき利用イメージをつかみにくい
-
- ① 現行試作機 + α 程度での製品化
 - 現行機の複製なら比較的容易、製造ノウハウあり
 - ② 原理の改善（プロジェクタ台数の削減など）
 - プロジェクタ台数の削減手段について実験中
 - ③ ニーズを開拓し実用化・事業化の流れを加速
 - まずは現行試作機ベースからでも具体例を見せるべきか

解決案① 現行機ベースからの画質改善

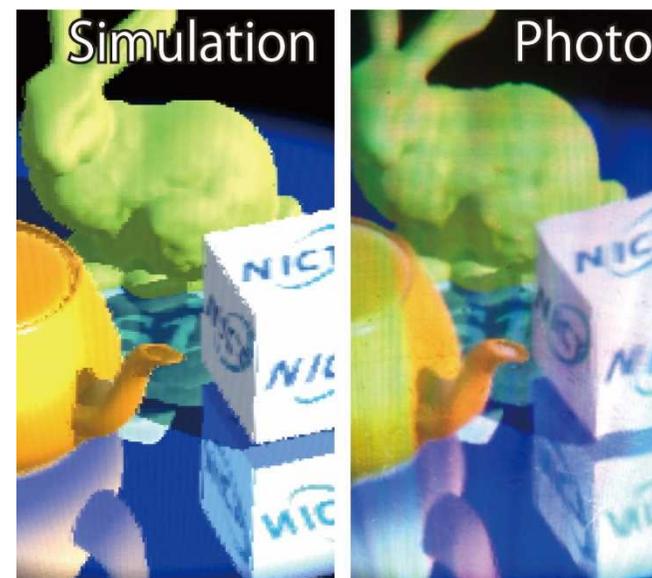
- 画質の改善手段は確立済み、これまでに着実に進化
 - プロジェクタ台数が千台規模になるのが難点
- 画像サイズ2倍程度は光学再設計で達成可能（実験済み）
 - ただし大きくても20cm程度



第1試作機(2010年頃)
・手作り、ノイズあり
・100×100 画素相当
・視力換算：0.2程度



第2試作機(2015年秋)
・微細加工、ノイズなし
・400×400 画素相当
・視力換算：0.7程度



高解像度化実験(2018年)
・シミュレータ上で検討
→プロジェクタ台数4倍に
・実機上で再生像を検証

→600×600画素(視力1.0)等は投射レンズ変えるだけ

- コスト・プロジェクト台数の多さが製品化のネック
 - 光学部品・プロジェクト製造の技術で協力いただきたい
 - 一体型のプロジェクトを作れば製品化に近づくか？
 - 現在は1ユニットに24台の既製プロジェクトを配列
 - 24台相当のプロジェクトを作れるようになれば有利
 - コストダウン、故障率低下、取り扱い容易
 - イニシャルコスト、製造台数計画などで相談
 - 投射レンズも最適化すればより高解像度になる
 - 異方性拡散スクリーンの製造技術候補は幾つかある
 - ナノ加工、ホロ印刷、型からUV樹脂転写
- プロジェクトの台数は削減できる可能性あり
 - 特許出願済み、現在予備実験中

- 第2次試作機で実証コンテンツを作成して世間にアピール
 - CGコンテンツならUnity*で簡単に作れる状況
 - テーブルの周囲にはセンサ類を配置可能
 - テーブルに2D投影したりタブレットを仕込むなども可
 - 実写は周囲から撮影＋光線像に変換（ツール開発済み）
 - コンテンツ制作・デモなどでのパートナー募集
 - 試作機貸し出しも検討可
- 製品化を後押しするようなスキーム作りでの協力を期待
 - ニーズ、ユーズ発掘
 - 製品化への道筋



* Unityは、米国およびその他の国におけるUnityの登録商標または未登録商標です

- ① 試作機に + α の改良を加えて製品化できる企業を求め
 - パラメータ検討用のシミュレータは開発済み
 - 現行機の複製なら比較的容易、製造ノウハウあり
 - 光学系再設計 + 台数増加で高品質化は可能
 - コスト削減の知見、特注品での製品化に期待
- ② 実用化に向けた共同研究が可能な技術力のある企業を求め
 - 改善課題：像サイズ拡大、高画質化、コスト面
 - プロジェクト台数の削減手段は特許出願・実験中
- ③ ニーズ開拓、事業化の流れを加速するための仲間を求め
 - コンテンツ制作、広報的な活動の推進に期待
 - イニシャルコストを乗り越える特注品レベルから、より広いサービスインまでの道筋を作る活動に期待

- 発明の名称 立体ディスプレイ
- 出願番号 特願2017-141304
- 出願人 情報通信研究機構
- 発明者 吉田俊介

- 関連する権利化済み特許
 - 特許5099554 立体ディスプレイ
 - 特許5398015 立体ディスプレイおよび立体画像提示方法
 - 特許6060417 立体ディスプレイ
 - 特許5187639 立体ディスプレイ
 - 特許5943273 立体ディスプレイ

- 2008頃～
 - NICT単独で原理考案・第0次、第1次試作
 - 学会・論文・Web等で成果公開

- 2011～2016
 - JST CREST事業に採択
 - 「多人数調和型情報提示技術における指向性のある情報投影の研究」（研究代表者・東京大学苗村健教授）
 - 第2次試作（画質改善、インタラクティブ化、全周化）

情報通信研究機構

イノベーション推進部門

技術移転コーディネータ 西山 保

TEL 042-327-6950

FAX 042-327-6659

e-mail ippo@ml.nict.go.jp