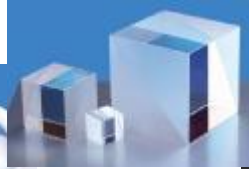


デジタルホログラム光学素子の 応用と未来

国立研究開発法人情報通信研究機構
電磁波研究所 電磁波応用総合研究室
大井 隆 太 朗

デジタルホログラム光学素子って何？

～ 回折現象を利用して高性能・非熟練者でも簡単に製作 ～



jp.misumi-ec.com

光学素子

www.chuo.co.jp/

屈折型

17世紀から

ガラスが主体＝物理的に大きく・重い



ガリレオ式望遠鏡(博物館)

www.astroarts.co.jp



8Kレンズ (FUJINON)
and-fujifilm.jp/8k



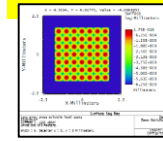
望遠レンズ (400mm)
store.canon.jp/online

共存

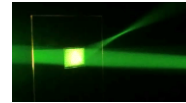
回折型

ホログラム1枚で光学機能を実現

デジタルホログラム光学素子



この1枚で大口径の屈折
凹面鏡と同じ機能を実現



NICTにて内製

進化・発展

”手作り” アナログの世界



POSのバーコードスキャナ
www.zebra.com/jp



戦闘機のホログラム照準
minkara.carview.co.jp/userid/136375



スマートグラス
www.konicaminolta.jp

(現在) できの良い3Dモデルをネットで入手可

Physical空間

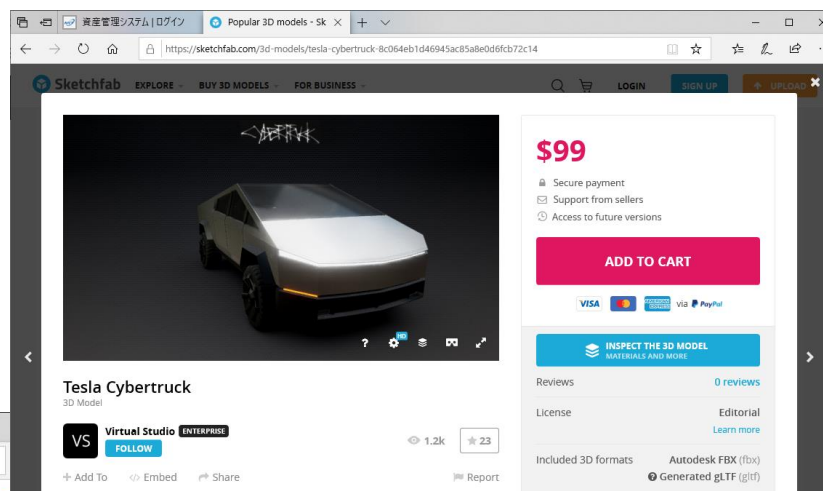
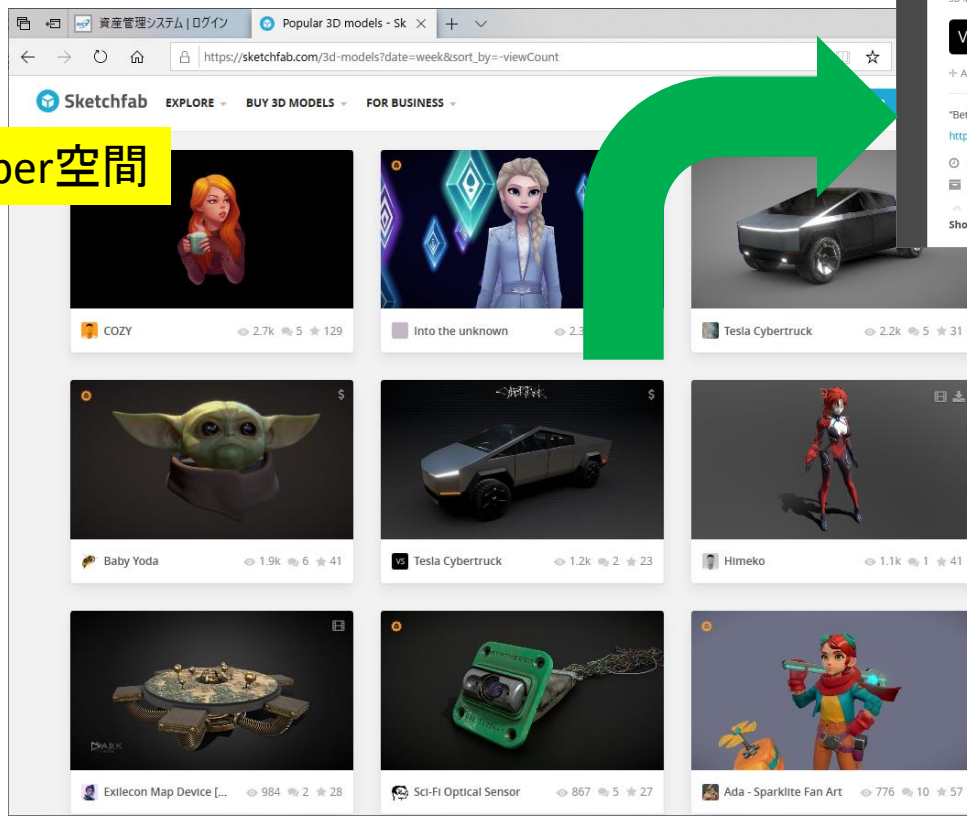


3Dプリンタ

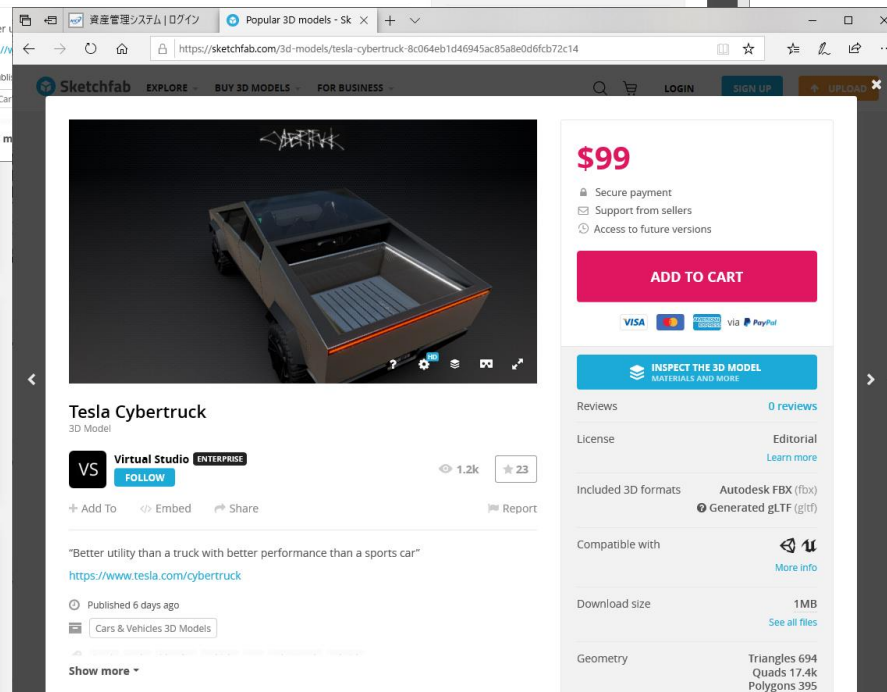


3Dプリンターで”物”が出来る

Cyber空間



sketchfab.com/3d-models



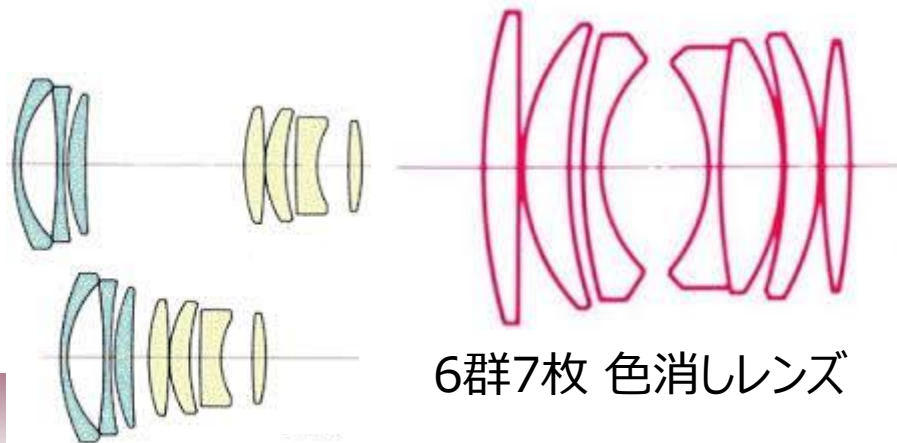
(現在) 光学素子の製造は手作業が多い

～ 生産要素に占める人手の割合が高く、属人的な“暗黙知”が多い ～

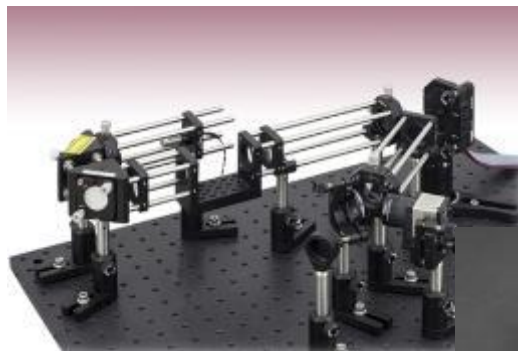
製造技術

切削・研磨・蒸着・金型（レンズなど）

thorlabs.co.jp



6群7枚 色消しレンズ



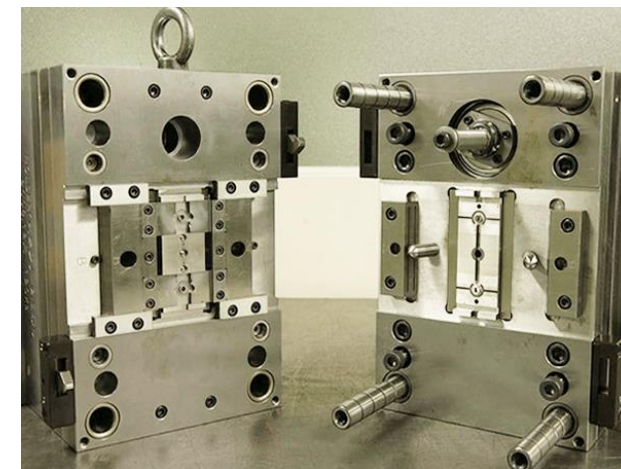
Deformable mirror

Optical cage system
www.edmundoptics.jp



NIKON 単焦点50mmレンズ

imaging.nikon.com



プラスチック用金型(例)

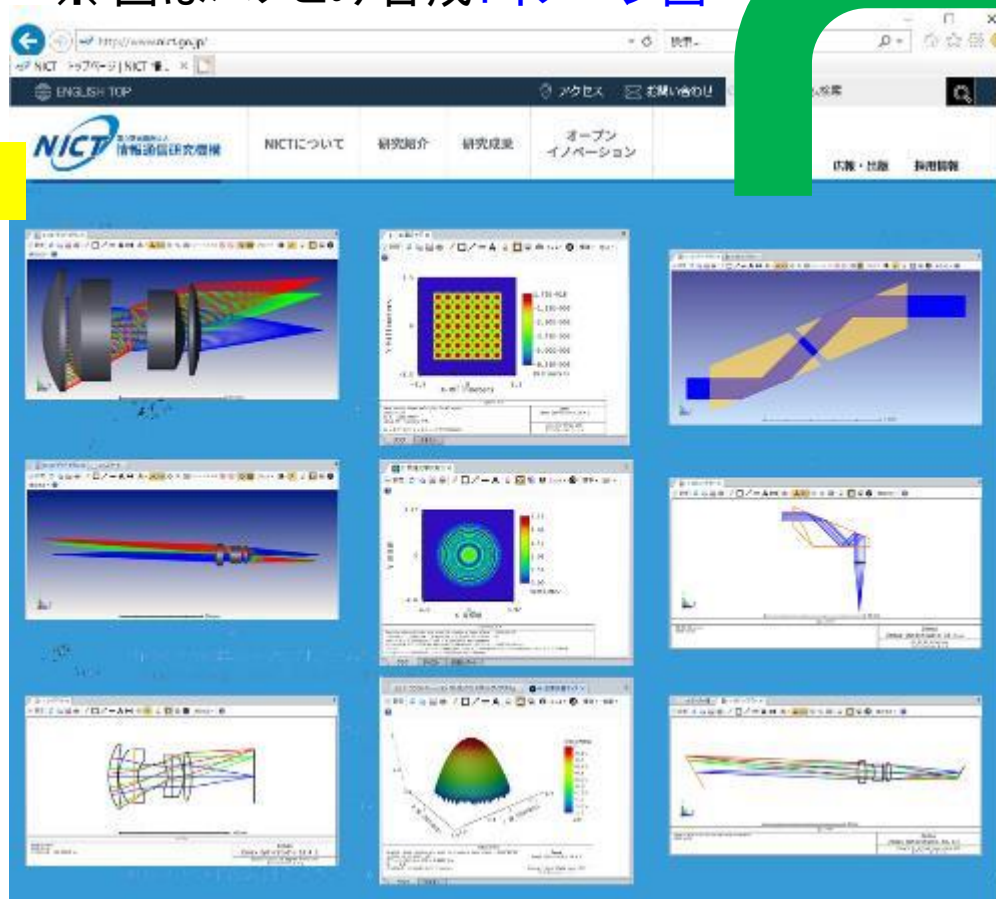
www.miyakotec.co.jp/products

(将来) できの良い3Dモデルをネットで入手？

ユーザは、パーツの組合せ、微修正だけで、高品質で、ばらつきの無い光学素子を手入手できる

※ 図はハメこみ合成: イメージ図

Cyber空間



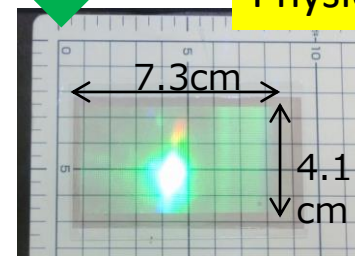
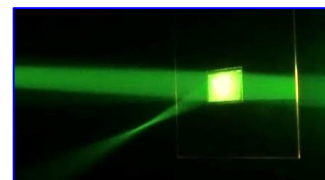
ホログラムプリンタ



ホログラムプリンターで“物”が出来る

Digital Hologram Printer
©2013-2020 NICT

Physical空間

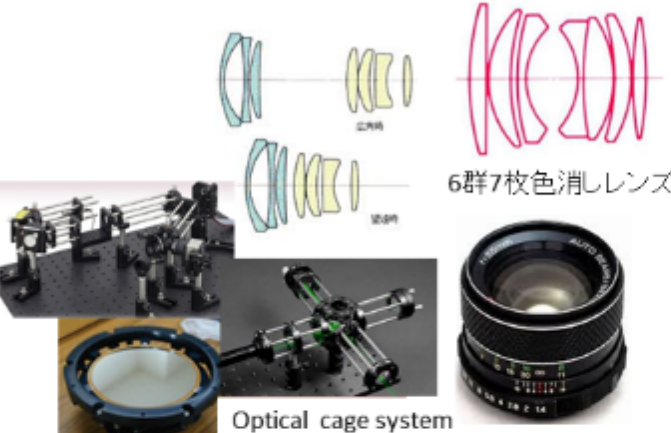
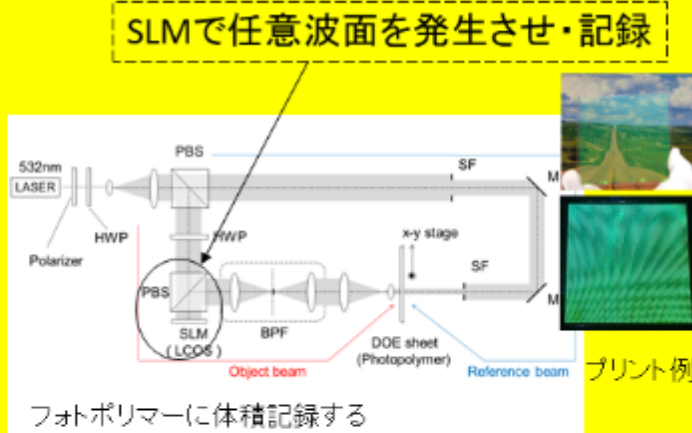


実物(光学部品)



ホログラムプリンターって何？

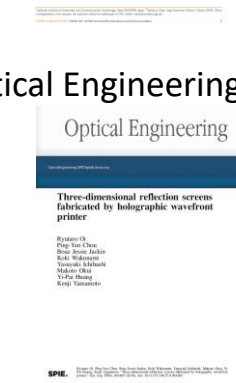
- 計算によって、人工的に任意の振幅と位相を持つ光の波(波面)を発生させ、記録材料(フォトポリマー)に光学素子を記録するプリンター。 **NICT独自開発の技術です。**

	従来法	本手法
技術	・ 研磨・蒸着・金型(レンズなど)  Optical cage system	・ デジタルホログラムプリント SLMで任意波面を発生させ・記録  プリント例 フォトポリマーに体積記録する
特徴	光学部品として, 実績 ある 光学メーカーの職人が作る	一品ものを作るのが得意(少量多品種生産) 大判素子を作るのが得意(大口径) 回折を利用した複雑な光学素子が得意
欠点	一品ものを作ると, コスト大 大判の素子を作ると, コスト大	光学部品として, 実績 なし 経験のない素人が作る

[2016] Nature Communications
涌波 ほか



[2018] Optical Engineering
大井 ほか



[2018] Optics Letters
ジャキン ほか



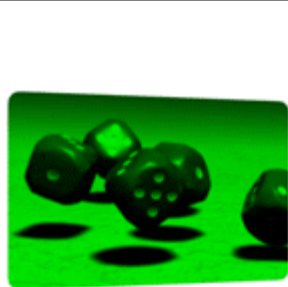
Full Paper ほか多数

世界のホログラムプリントサービス

～ NICT のホログラムプリント技術 との違いは何なのか？ ～



先行例 って無いの？

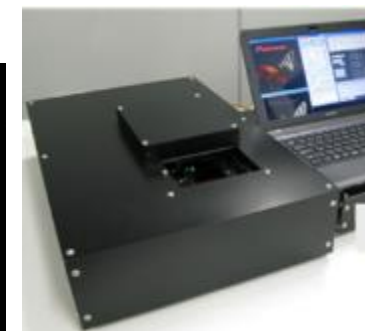


ソニー・ディスクアンドデジタルソリューションズ 2010



PIONEER R&D 2014

<https://jpn.pioneer/ja/manufacturing/crdl/rd/>



リトアニア「GEOLA」



アメリカ「ZEBRA IMAGING」

ホログラムプリンターの種類と特長

NICTはここ
👉

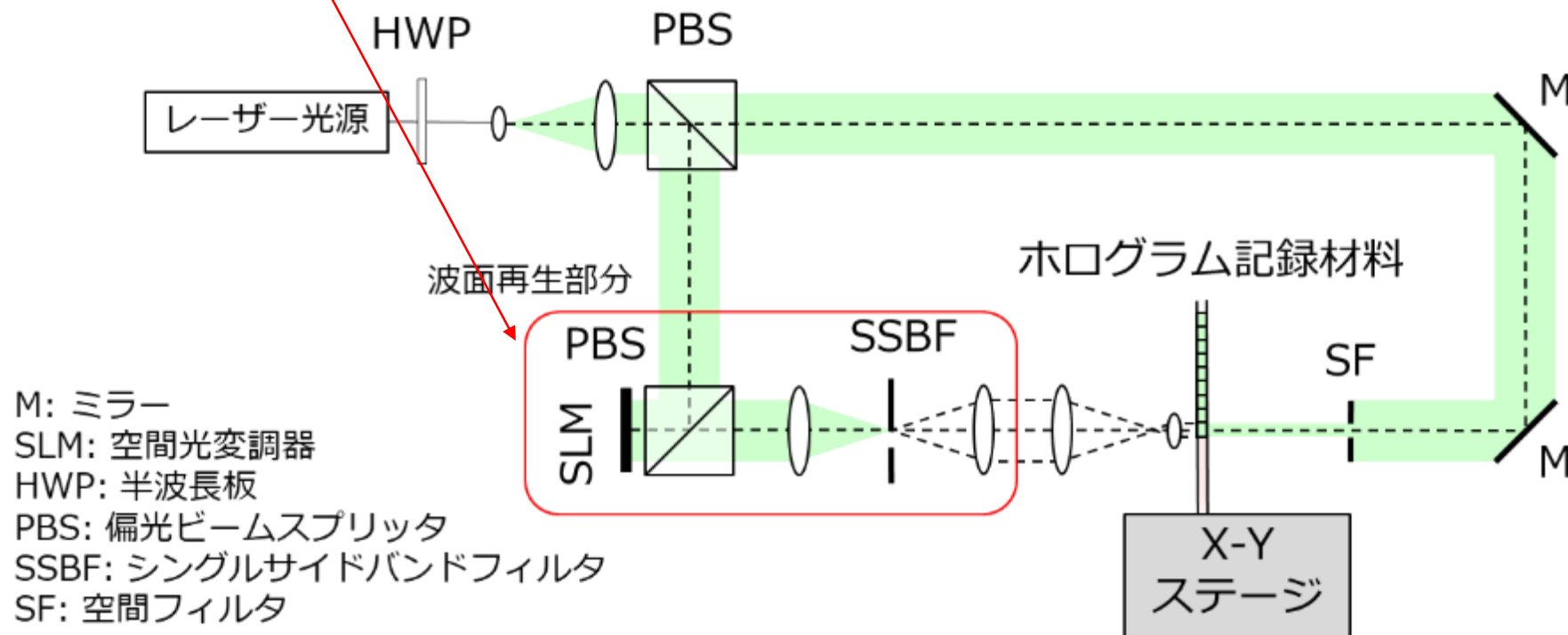
分類	反射型のホログラム (体積記録)	波長選択性の有無 (白色再生)	再生像の奥行再現範囲の広さ	備考
波面プリンター	YES	YES	YES	光の波面を任意に再現
フリンジプリンター			YES	
ステレオグラムプリンター	YES	YES		

他社はここ
👉

※ 特に波長選択性と、高い回折効率(光の利用効率)を持つ、リップマンタイプのホログラフィック光学素子(HOE)をプリントできることが特徴

ホログラムプリンターのしくみ

- 微小な 要素ホログラム に分けて記録する(セル分割記録)
- 物体光発生は 電子ホログラフィ技術 を利用



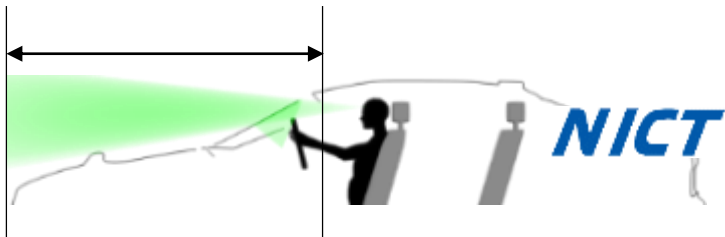
- デジタルホログラムプリントの長所
 - ① 回折現象を使うので、ガラス(屈折型)素子と比べ**非常にコンパクトな光学素子**が得られる
 - ② 回折現象による波長選択性が有るので、従来のガラス+カラーフィルタ、誘電体コートと同様に**光学フィルタリング特性**が得られる
 - ③ 微小なセルをタイリングして光学素子を作るので、大口径の素子でも歪みなく作ることができる
- 克服すべき課題(主なもの)
 - 精度に関する問題
 - 回折効率に関する問題

■ 飛行機、自動車、その他乗り物向け

- (用途)・スピードメーターなどをフロントガラスに直接表示 (HUD)
(※車載向けヘッドアップディスプレイなどの半透過型光学素子)
- (課題)・自動車のフロントガラスの“カーブ”に合った光学補正が必要

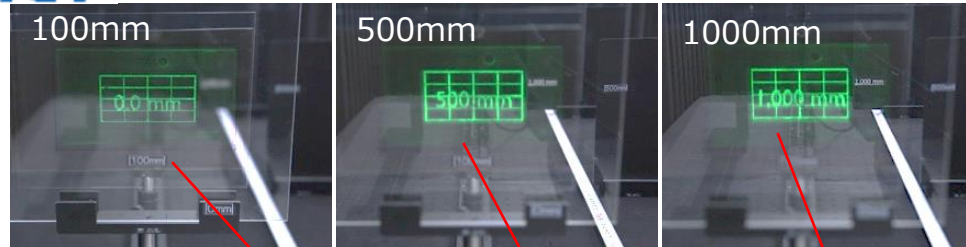


出典: continental-automotive.com

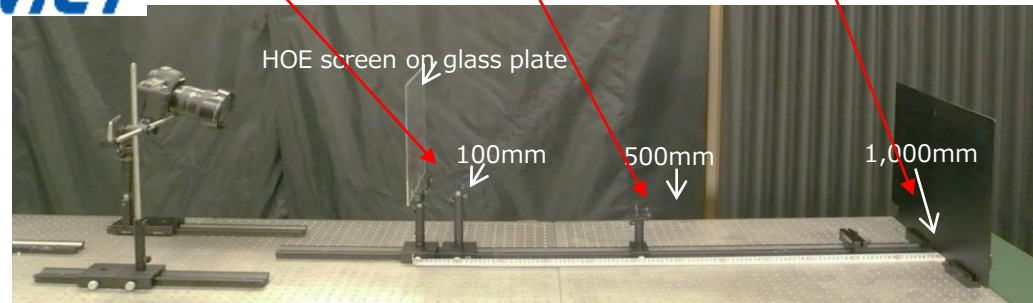


ドライバーの調節・応答が効く範囲

NICT



NICT



産業応用のための
基礎検討の様子

ユーザーが視線・ピントを移動すること
なく情報を得られる

■ グラス(眼鏡)タイプ

(用途)・ 個人向け

- ・ グラスを小型化するため短焦点の

(課題) 光導波路HOEを使用する

- ・ 非球面の複雑な光学特性が要る
→デジタルホログラム光学素子



倉庫内での活用シーン (fraunhofer.de)



スカウター型のグラス例
出典: www.konicaminolta.jp



微小ミラーを使うグラス
出典: letinar.com

■ 透過ARスクリーンタイプ

(用途)・ 多人数向け

- ・ 中型～大型ARの透過表示にHOEを利用する

(課題)・ プロジェクタの球面波を補正する
機能が要る

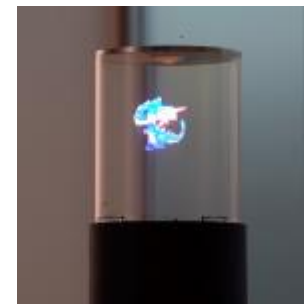
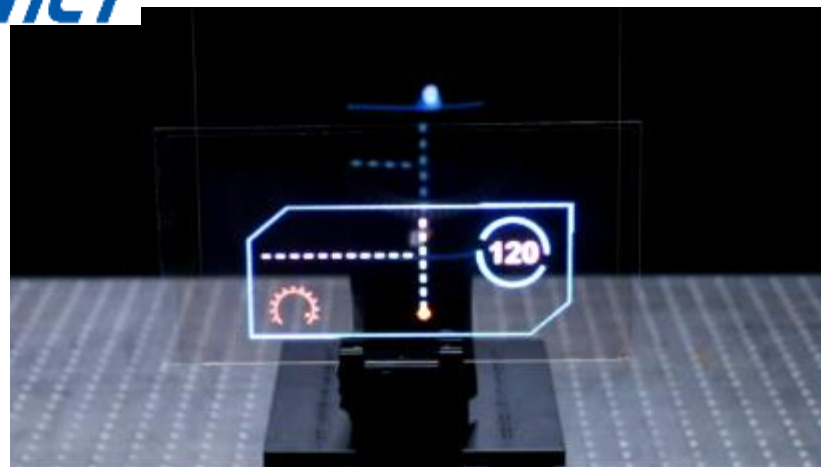
→デジタルホログラム光学素子

NICT



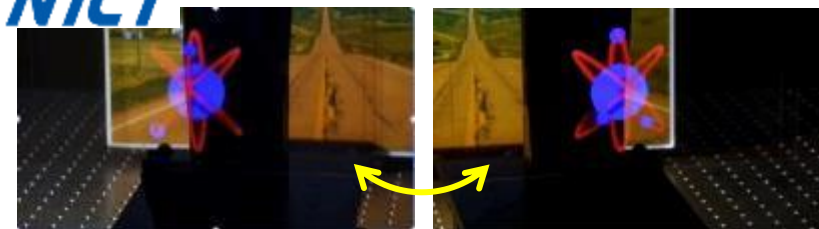
試作HOEの表示例

NICT



SIGGRAPH2019
円柱透過型スクリーン
出典:
www.sony.co.jp/SonyInfo/News/Press/2019/07/19-071/

NICT



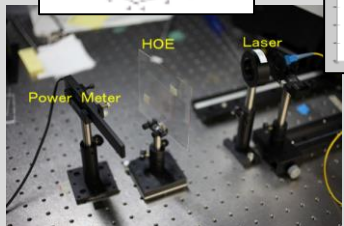
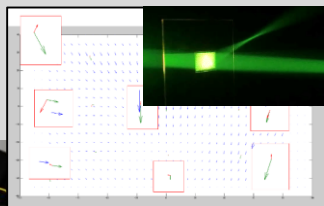
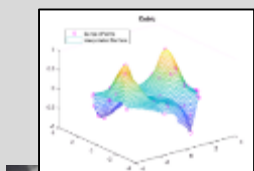
視野角 47° でフルカラー透過表示

■ 素子の精密測定および設計データに対する誤差のデジタル・光学補償

- ・ マイケルソン干渉計により、試作した素子の波面精度を評価
(※誤差量をフィードバックする)

光学素子の応用開拓

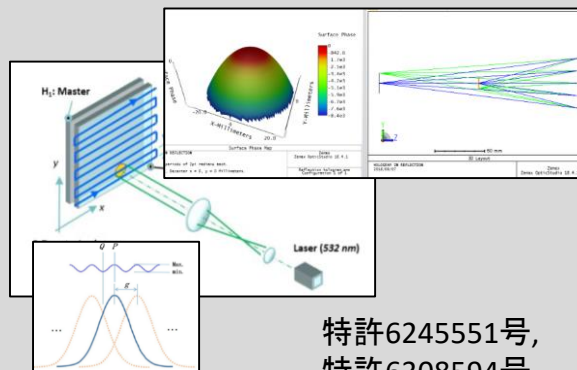
プリントした光学素子を利用したアプリケーション開発



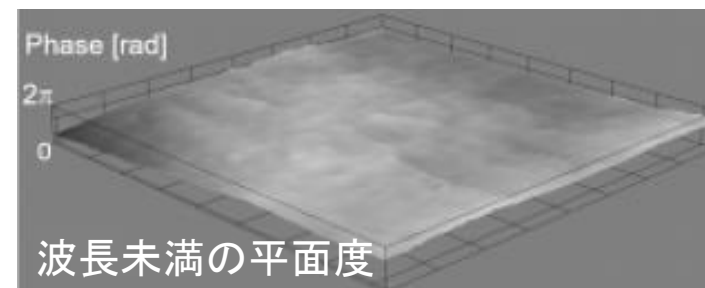
特許6607491号, 特許
6614636号, ほか出願中3件

光学素子の評価・補償

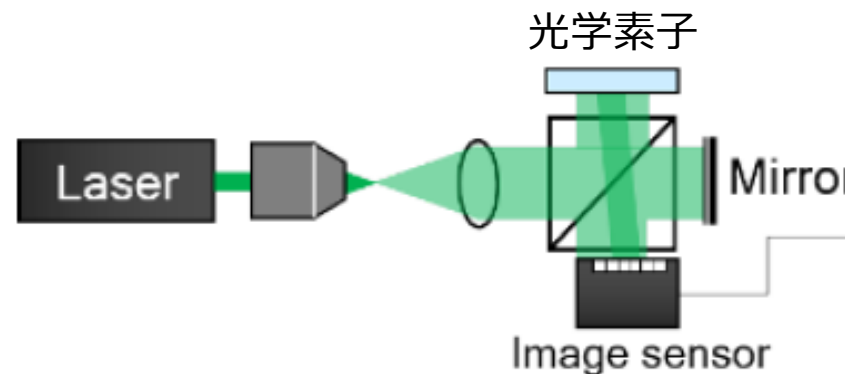
素子の精密測定および設計データに対する誤差のデジタル・光学補償



特許6245551号,
特許6308594号



ホログラム印刷技術で作成された素子の位相評価

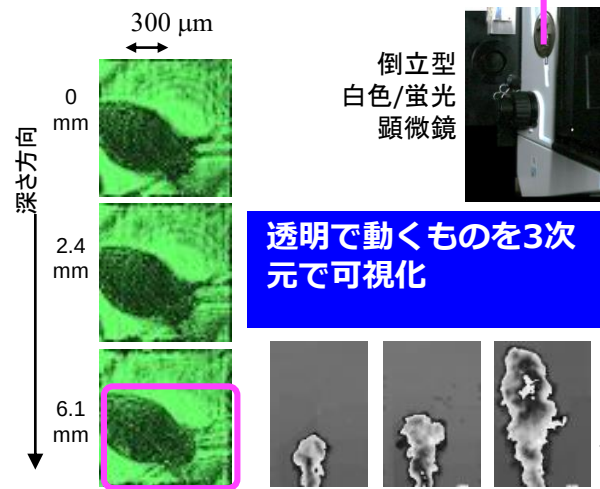
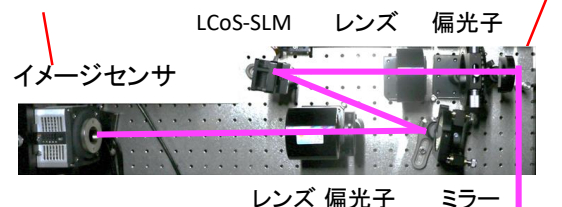


デジタルホログラム光学素子の応用と未来

～ 多様な産業で利用できる「回折光学素子」の開発で世界を牽引 ～

ホログラム顕微鏡

系の倍率: 80
対物レンズのNA: 0.95



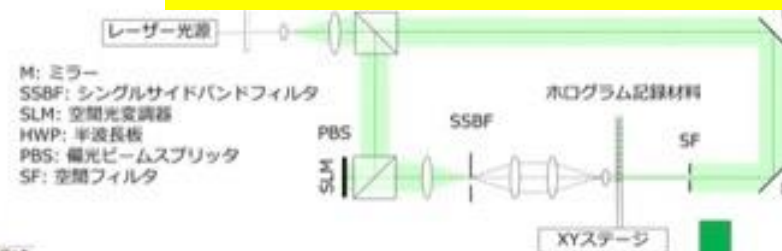
例1: 動くミジンコ
(撮影後に焦点距離を変えられる。)

例2: 透明なガスが噴出する様子の可視化

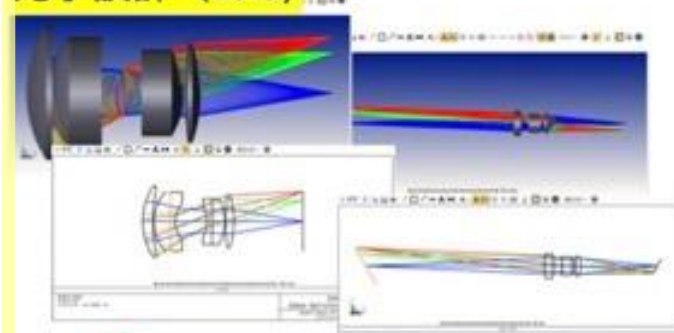
スピンオフ

デジタル光学技術

デジタルホログラムプリント技術



光学設計 (data)



素子の特性評価 (check)



精密光学測定技術

光学素子の応用

車載HUDなどで実用化される



物流、建築、交通、医療など多数の分野に応用が広がる



モビリティ・AR/VR・通信 ...

- 既存技術との共存で、我が国の光学技術の競争力強化へ
 - 光学素子の新しい時代に向けての取組み
- NICTの光学素子
 - 回折現象を利用、素子自体に複雑な光学特性
 - デジタル技術、（データがあれば）素人でも作成できる
- 既存の光学素子
 - ガラスなどの屈折現象を利用、素子自体は単純な特性
 - アナログ技術、17世紀から続く歴史

