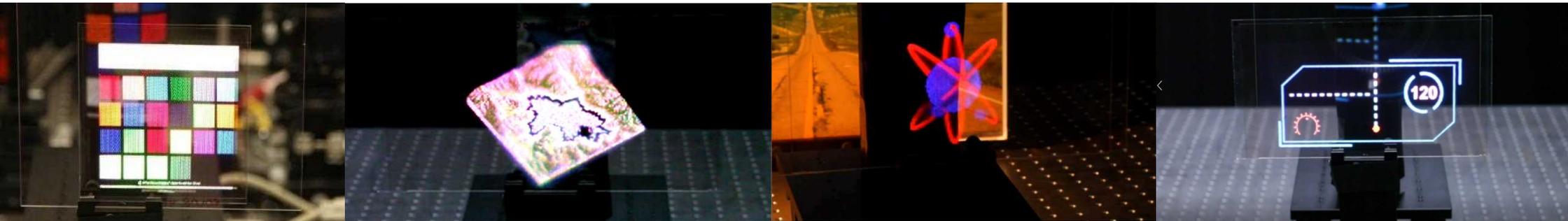




ライトフィールド3Dディスプレイ用 ホログラムスクリーンの作製

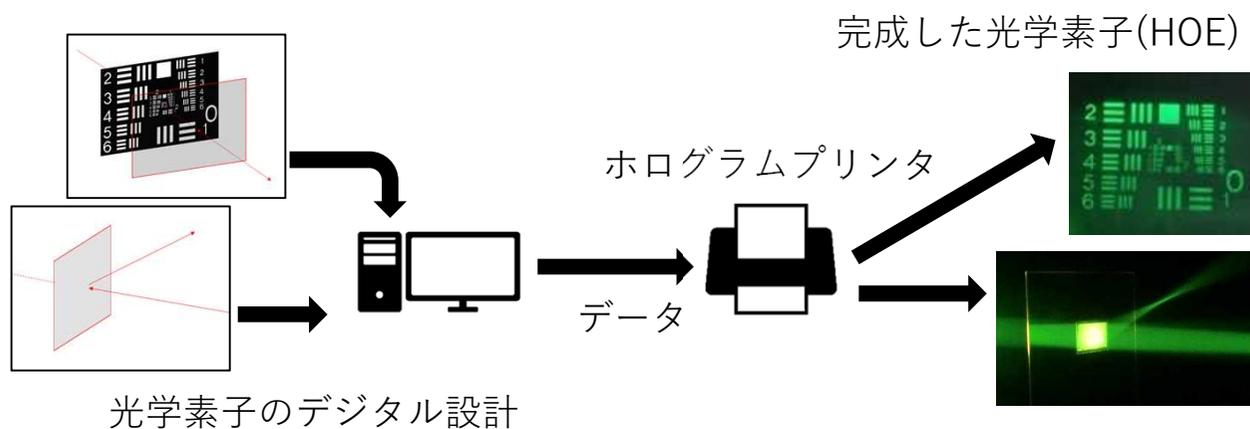


国立研究開発法人情報通信研究機構
電磁波研究所電磁波応用総合研究室
主任研究員 涌波 光喜

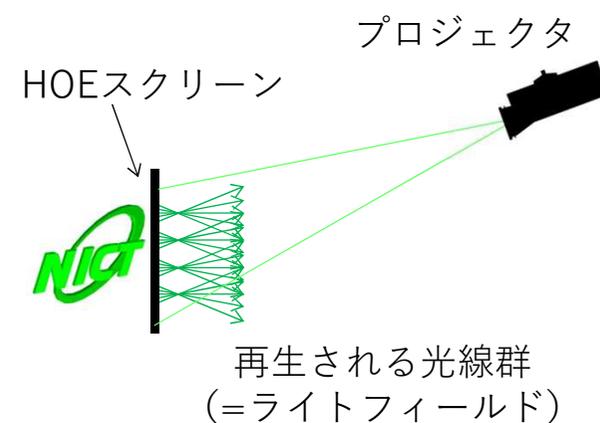
2019年7月18日

- コンピュータで設計した光の波面をホログラムとして記録する**ホログラムプリント技術**により、高い設計自由度を持つホログラフィック光学素子の作製が可能となる。
- 作製したホログラフィック光学素子を光学スクリーンとして用いた**投影型かつシースルーなライトフィールド3Dディスプレイ技術**を紹介する。

ホログラムプリンタ技術



ライトフィールドディスプレイ応用



• ディスプレイ用途の多様化

- AR/VR
- スマートグラス
- ヘッドマウントディスプレイ
- 車載ヘッドアップディスプレイ
- デジタルサイネージ etc.



• 求められる機能

- 3D
- シースルー
- 投影型
- 空中結像
- コンパクト etc.



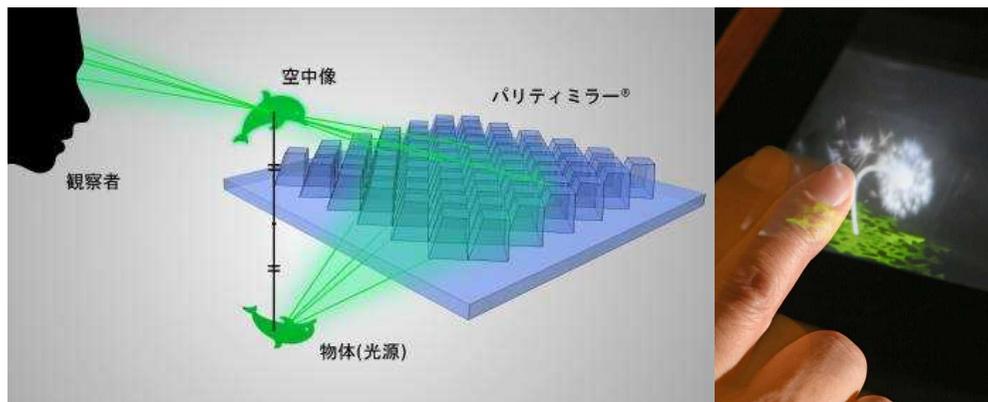
JDI

<https://www.j-display.com/news/2018/20180517.html>



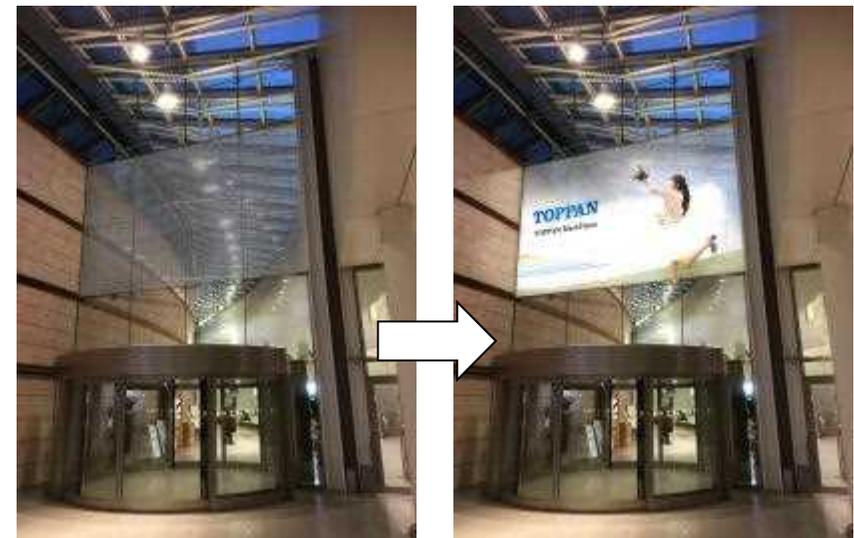
ソニー

<https://www.sony.jp/video-projector/products/MP-CD1/>



パリティイノベーションズ

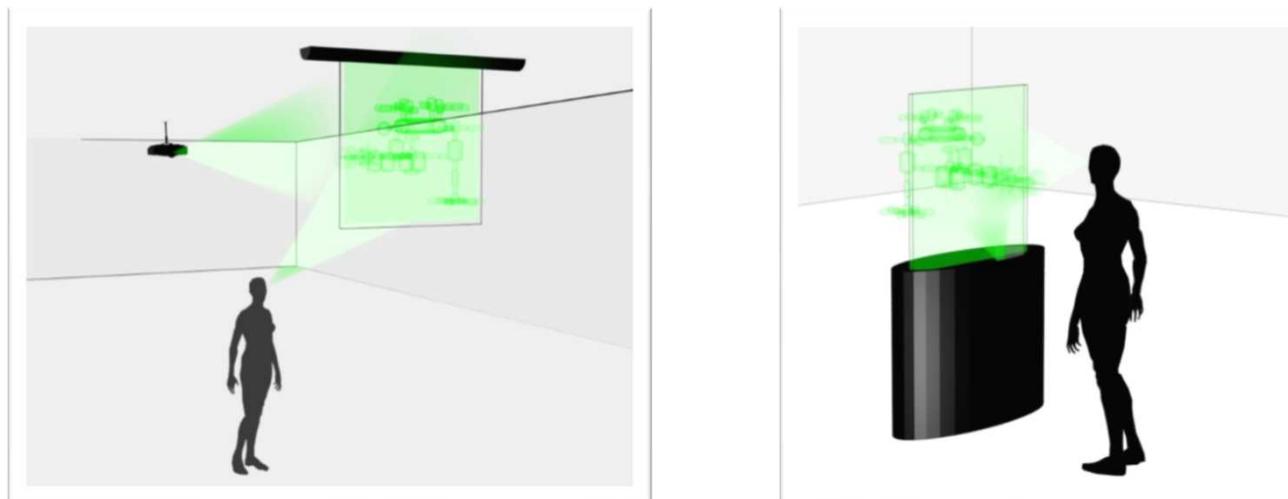
<http://www.piq.co.jp/gallery.html>



凸版印刷

https://www.toppan.co.jp/news/2017/03/newsrelease170306_1.html

「シースルー」で「投影型」の「ライトフィールド」ディスプレイ



デジタルサイネージでの利用例

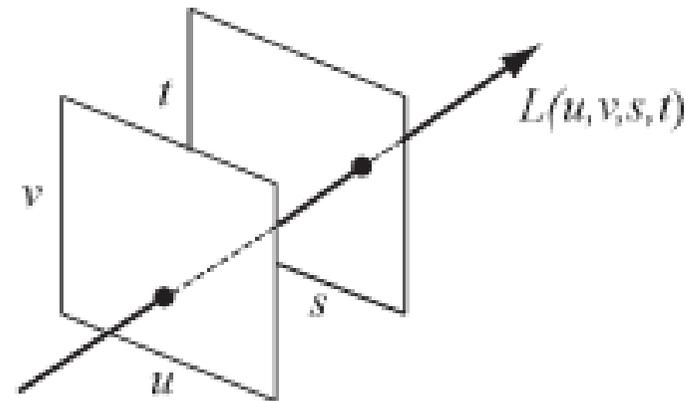
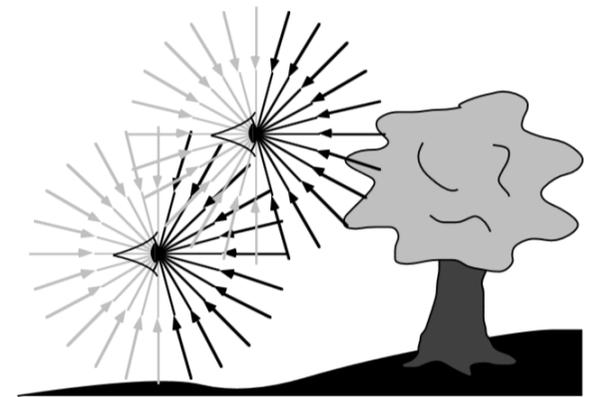
- 想定される用途例

- デジタルサイネージで多言語の指向性表示
- ウィンドウディスプレイで3D表示による集客力UP
- ヘッドアップディスプレイでのAR/VR表示 など

ライトフィールドディスプレイ = 光線の強度と向きを制御

• ライトフィールドディスプレイの背景^[1]

- Plenoptic Function^[2]
 - $f(x, y, z, \theta, \Phi, \lambda, t)$
 - 座標、方向、波長、時間で光の場を定義
- 4次元ライトフィールド^[3]
 - uv 面- st 面を通過する光線を定義



[1]小池崇文, “ライトフィールドディスプレイの研究動向” 電子ディスプレイの人間工学シンポジウム2018

[2] Adelson, E.H., Bergen, J.R. (1991). "The Plenoptic Function and the Elements of Early Vision", In Computation Models of Visual Processing, M. Landy and J.A. Movshon, eds., MIT Press, Cambridge, 1991, pp. 3–20.

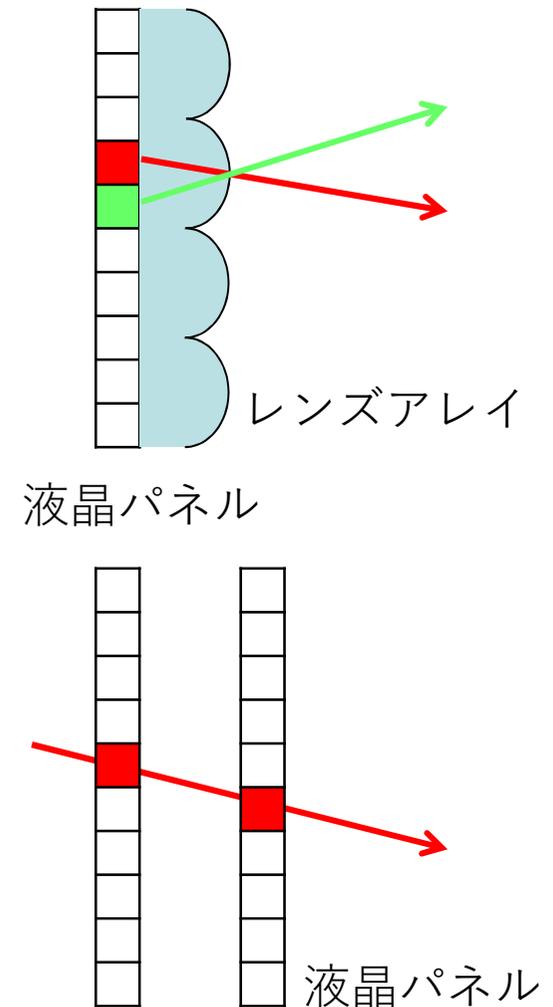
[3] Levoy, M., Hanrahan, P. (1996). "Light Field Rendering", Proc. ACM SIGGRAPH, ACM Press, pp. 31–42.

• ライトフィールドディスプレイの種類^[1]

- レンズアレイベース
 - インテグラルフォトグラフィ
 - 液晶パネル+レンズアレイなど
- 複数(スタック)ディスプレイベース
 - テンソルディスプレイ
 - スタック状に複数のパネルを配置

【問題点】

- 両手法とも背面に液晶パネルが必要
- シースルーによるAR表示が困難



[1]小池崇文, “ライトフィールドディスプレイの研究動向” 電子ディスプレイの人間工学シンポジウム2018

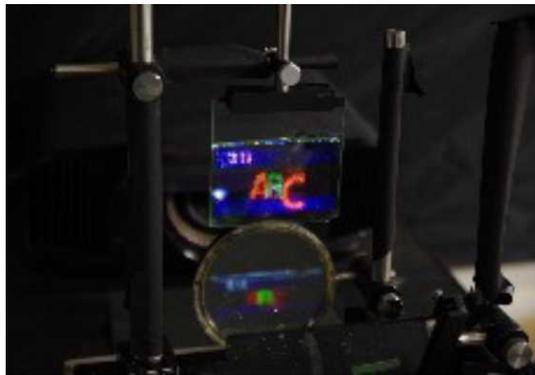
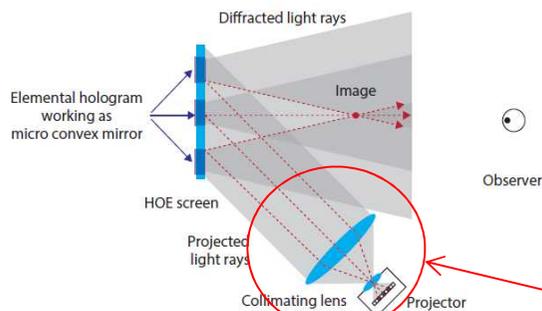
• HOEを用いたライトフィールド3Dディスプレイ

レンズアレイ →

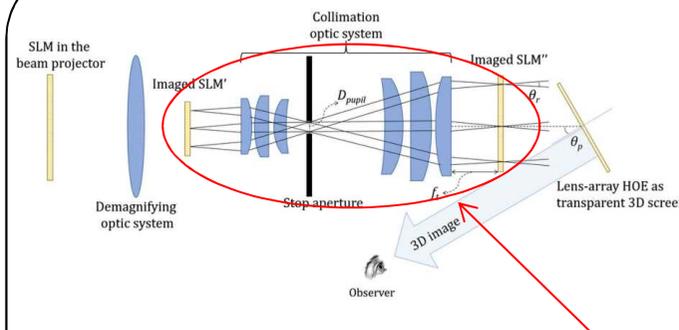
ホログラフィック光学素子(HOE)

レンズアレイを反射型HOEとして記録

東京工業大学[4]



ソウル大学[5]



【特長】

- 投影型
 - 背面に液晶パネルを必要としない
- シースルー
 - HOEの波長選択性により高い透過性と映像の明るさを両立可能

【問題点】

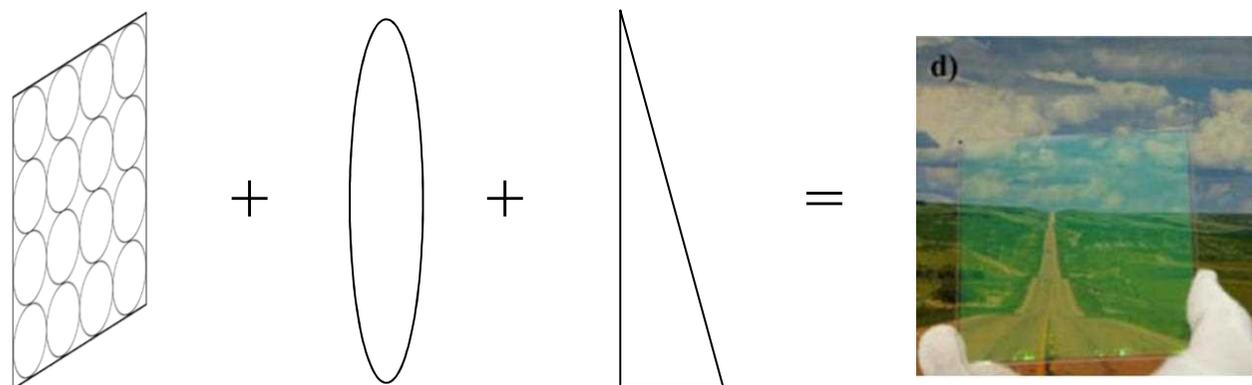
- コリメーション系が必要
 - 光学系が大掛かりになりやすい

[4]T. Nakamura, M.Yamaguchi, Proc. Vol.10711, Biomedical Imaging and Sensing Conference; 107110H (2018)

[5]C.Jang, et al., Applied Optics, Vol.55, No.3, (2016)

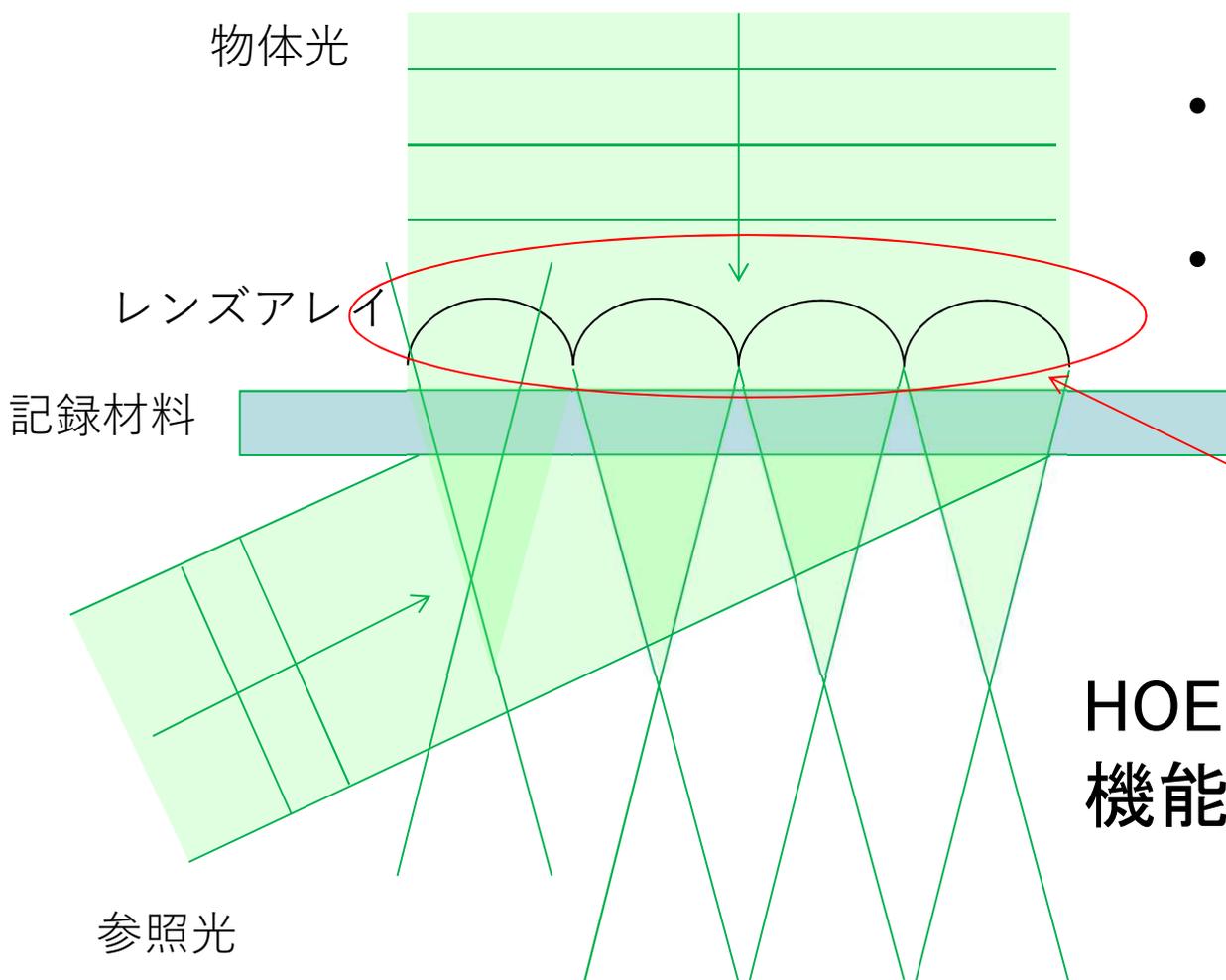
- ホログラムプリンタによる多機能なHOEスクリーンの作製

- レンズアレイ(凹面ミラーアレイ)機能、コリメーション機能、チルト機能などを一枚で実現



コリメーション系を必要とせず、よりシンプルかつ自由度の高いディスプレイ設計が可能

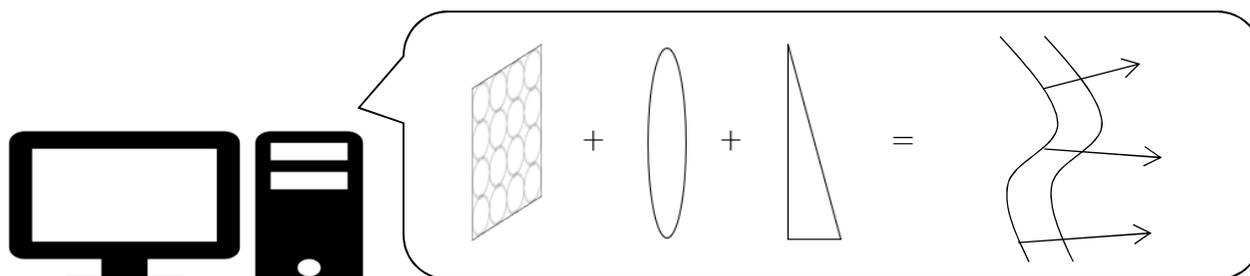
一般的なHOEの作製方法



- レンズアレイで変調された光を記録
- 存在する光学素子のレプリカ

HOEの仕様が既存の光学素子の機能、性能に制限される

ホログラムプリンタによるHOE作製

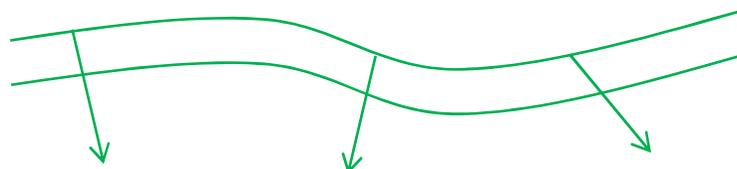


①複数の機能を合波した光波を計算



電子ホログラフィ装置

②計算した光波を光学的に再生

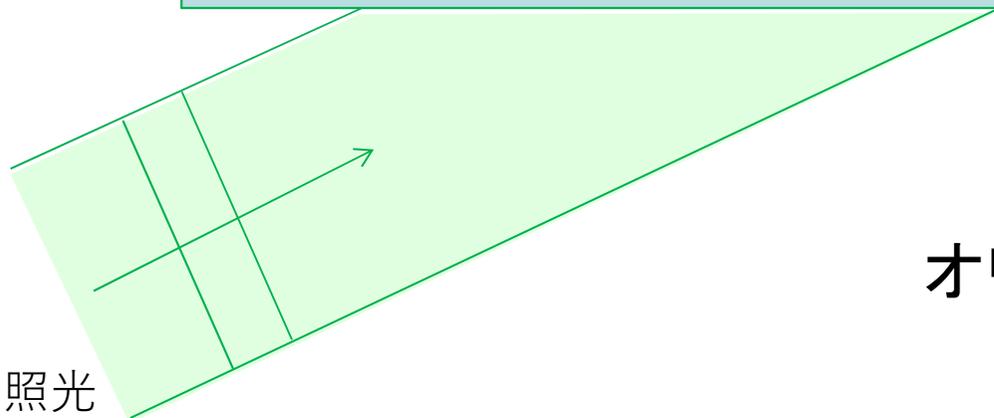


③参照光との干渉縞を記録材料に記録

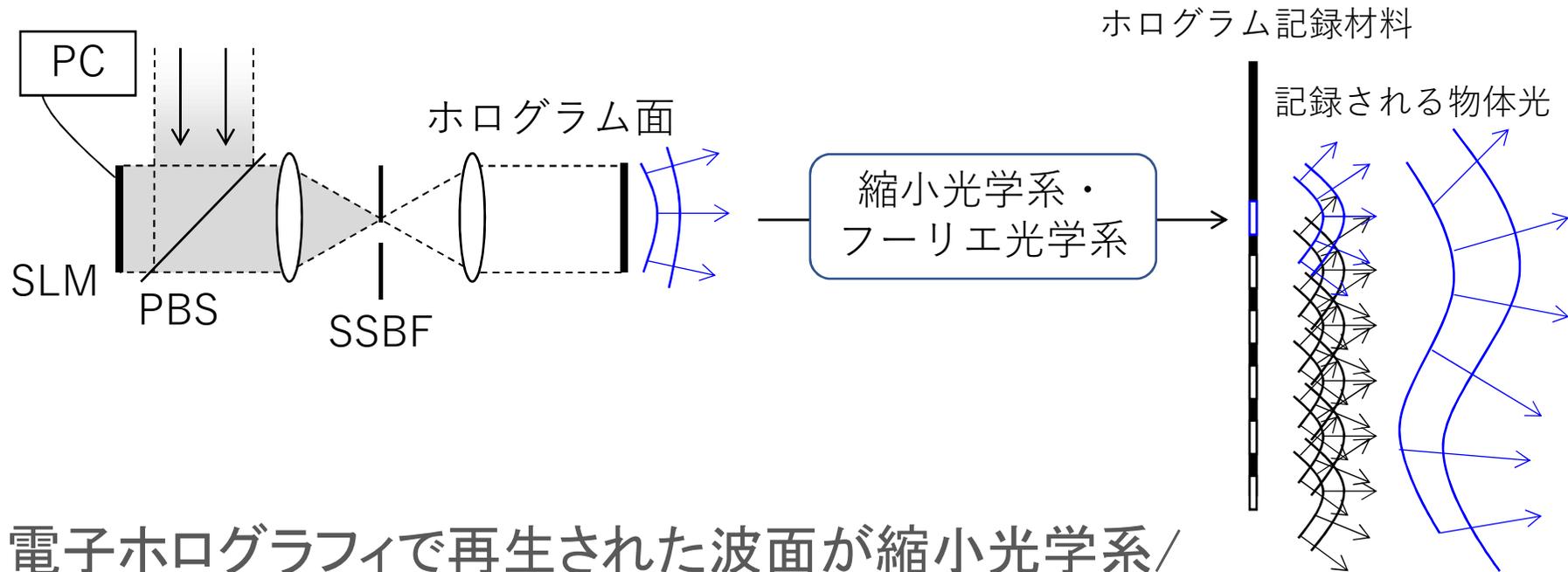
記録材料



参照光

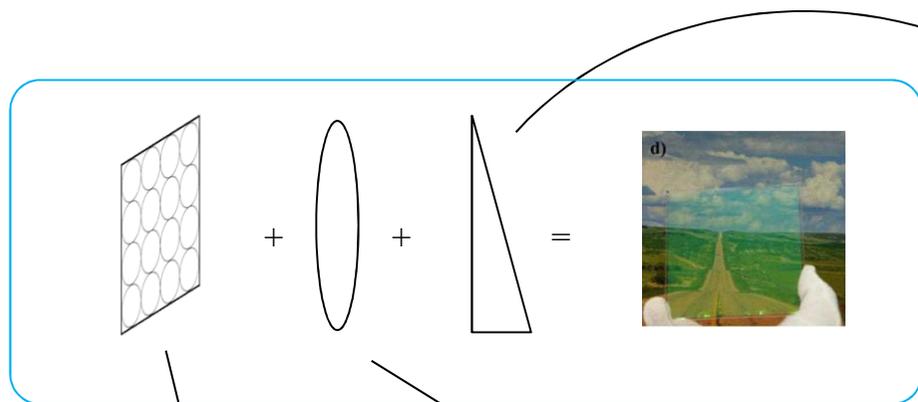


オリジナルの光学素子を必要としない
多機能なHOEを作製可能^[6]

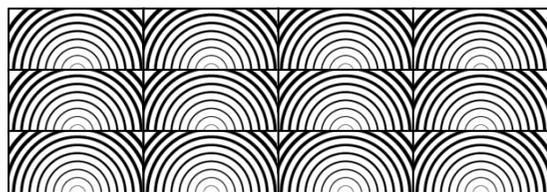


- 電子ホログラフィで再生された波面が縮小光学系/フーリエ変換光学系を経て縮小されることで回折角が拡大され、物体光としてホログラム記録材料に入射する
- XZステージを用いてタイル状に記録することで大画面の出力が可能
- 記録材料にフォトポリマを使用

作製したHOEスクリーンの機能[7,8]



レンズアレイ



- 半円状
(縦方向の密度2倍)

- 各レンズアレイから反射する主光線の発散をキャンセル

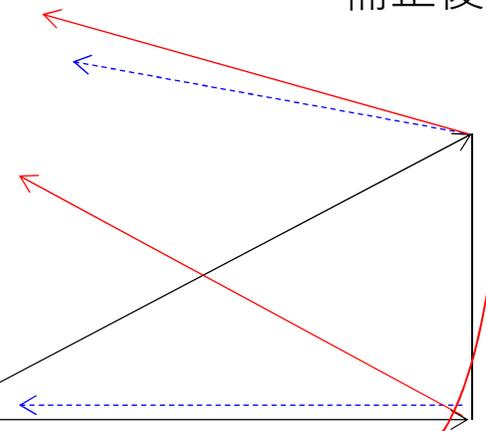
各機能の位相分布を合成したデータを計算しホログラムプリンタでHOEとして作製

チルト機能

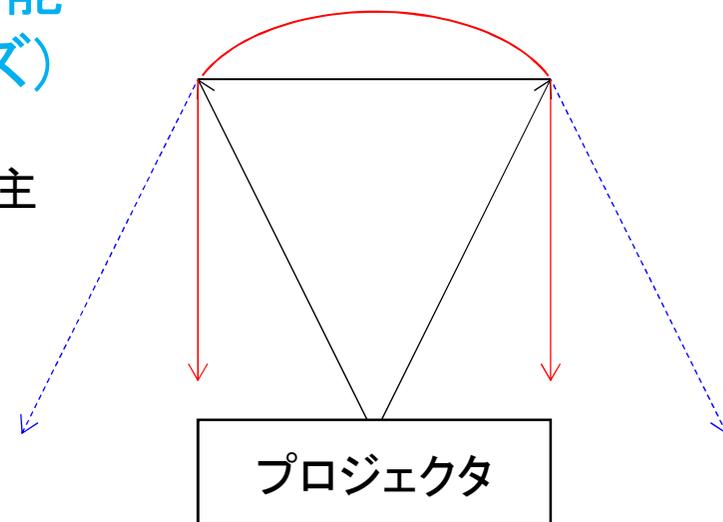
- プロジェクタからの投影光の鏡面反射方向と回折光を分離

プロジェクタ

-----> 補正前
-----> 補正後



コリメーション機能 (フィールドレンズ)



[7] R. Oi, et al., Optical Engineering, Vol.57, No.6, (2018)

[8] Jackin, B. J. et al. Digitally designed holographic optical element for light field displays. Opt. Lett. 43, (2018).

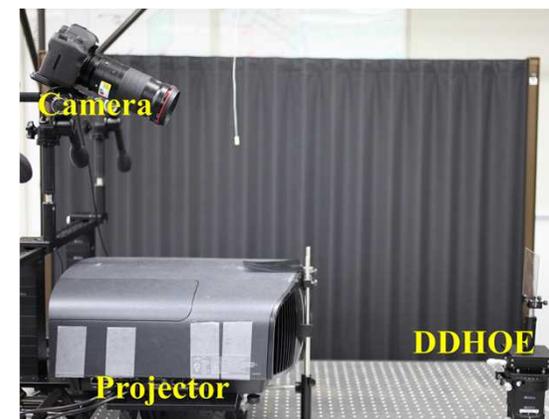
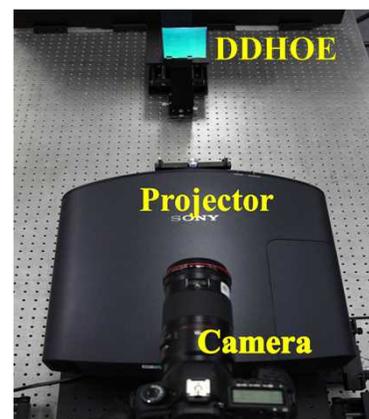
• ディスプレイ

HOEスクリーンサイズ: 20 cm (H) x 10 cm (V)

投影距離: 576 mm

観察距離: 1,000 mm

投影画角: 約20度



• HOEスクリーン

対応波長: フルカラー(473nm, 532nm, 660nm)

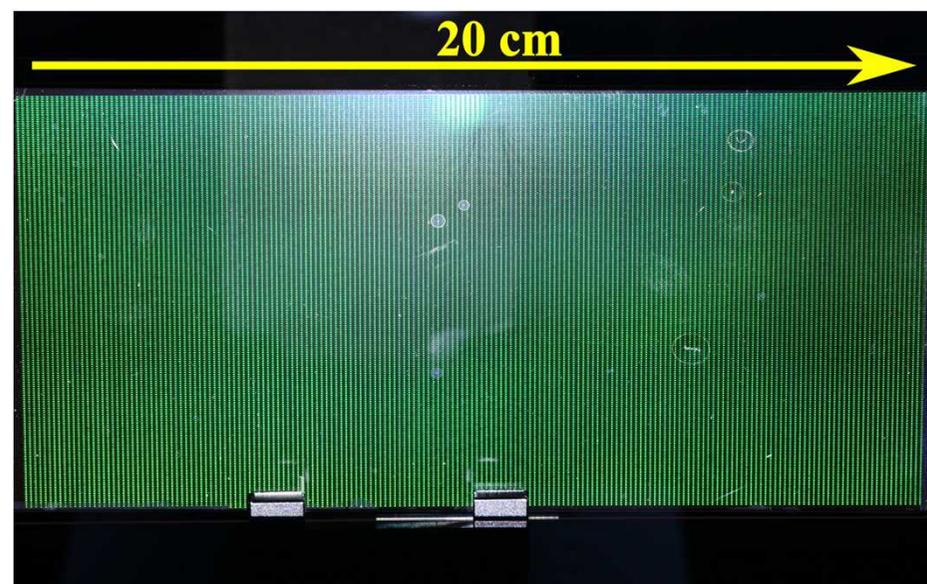
レンズ数: 200 x 200

焦点距離: 2,15 mm

レンズの大きさ: 0.5 mm (H) x 1.0 mm (V)

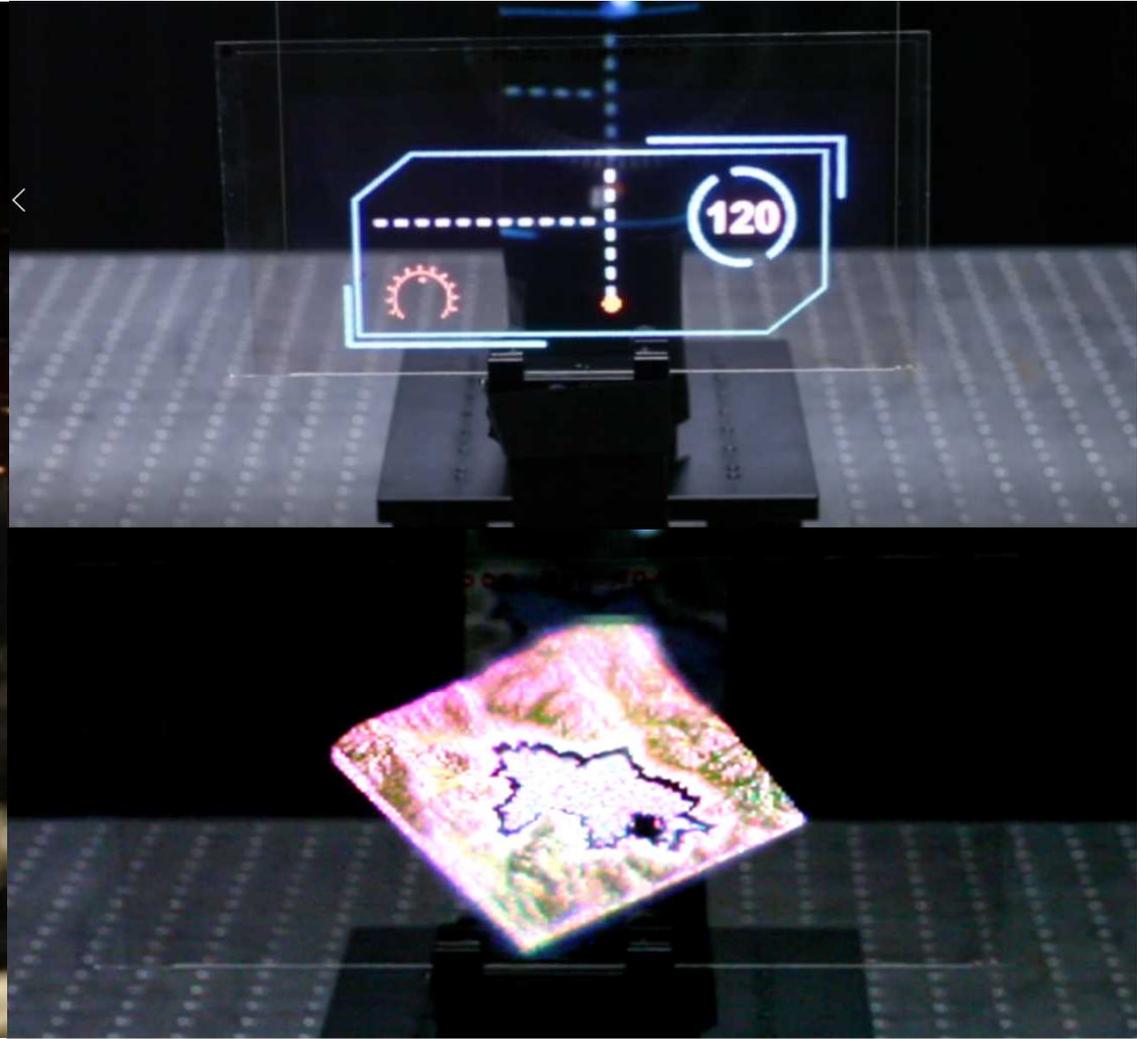
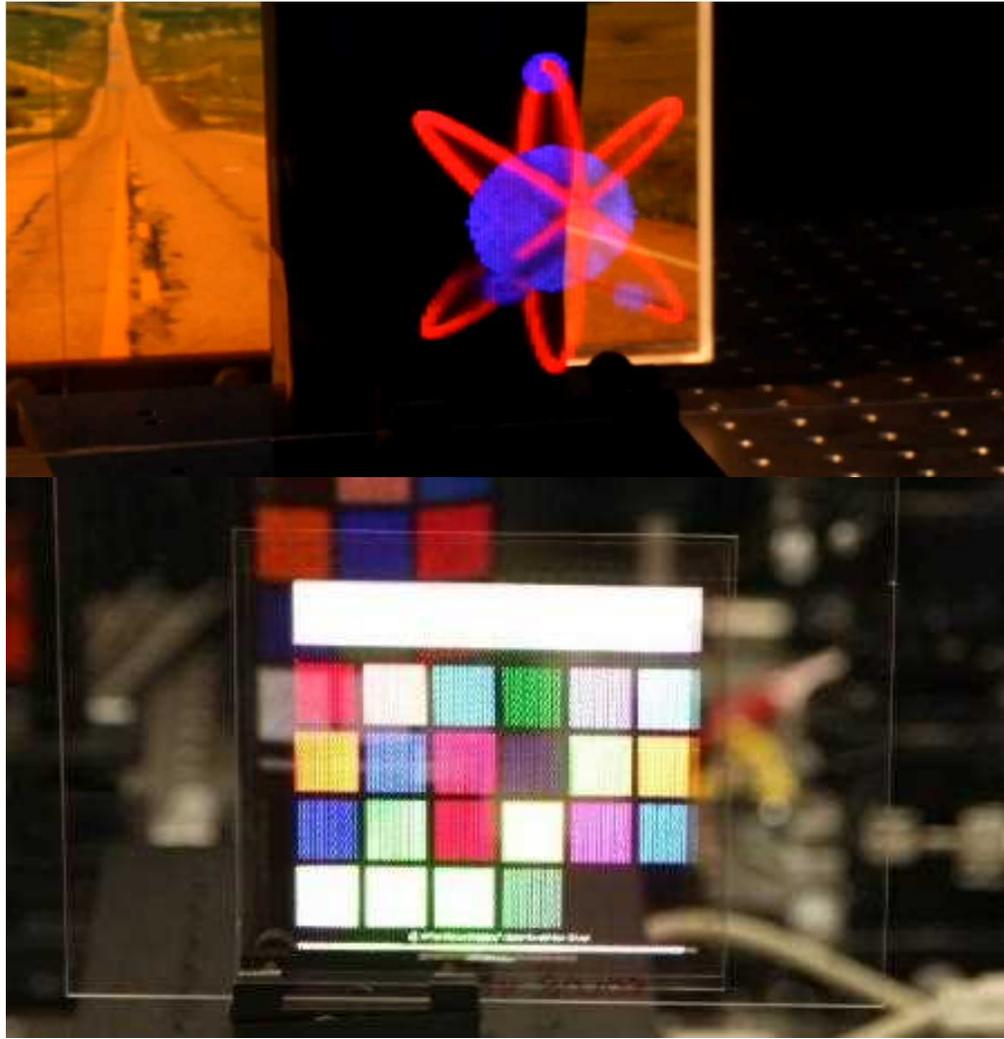
Y方向のチルト: 最大5.15度

コリメーションレンズ機能の焦点距離: 56.7 mm

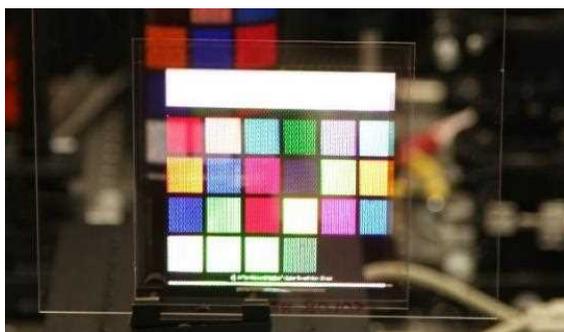


[7] R. Oi, et al., Optical Engineering, Vol.57, No.6, (2018)

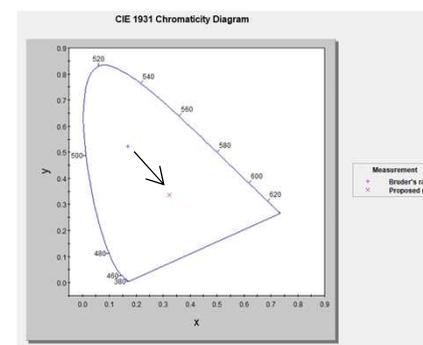
[8] Jackin, B. J. et al. Digitally designed holographic optical element for light field displays. Opt. Lett. 43, (2018).



- ディスプレイの画質・性能の評価・改善
 - 作製したHOEスクリーンの機能の測定、補正
 - 色バランスの調整、角度依存の色ムラの補正 など



カラーチャートによる評価例



ホワイトバランスの調整例

- システムの小型化・キャリブレーション技術の構築
 - 小型プロジェクタの利用、マルチプロジェクション化
 - キャリブレーション技術の高速化・自動化(現状は20分程度) など

- 用途に応じたディスプレイ仕様の検討
 - 想定される用途に応じたディスプレイ設計やHOEスクリーンのパラメータの最適化といった検討
- マルチプロジェクションシステムの開発
 - 複数の小型プロジェクタによる高解像度化・自動キャリブレーション化によるシステムの実用化
- ホログラムプリンタで作製するHOEの他用途への応用
 - 凹/凸面鏡、マイクロレンズ/ミラーアレイといったホログラムプリンタで作製できるHOEの他用途のご提案など

- 発明の名称 : ホログラムスクリーン及びその製造方法
- 出願番号 : 特願2015-095298
- 出願人 : 国立研究開発法人情報通信研究機構
- 発明者 : 涌波光喜、他

- 関連する特許
 - 特願2015-210488 ホログラムデータ生成装置及びそのプログラム
 - 特開2018-180201 ホログラム記録装置およびホログラム製造方法

国立研究開発法人情報通信研究機構
イノベーション推進部門 知財活用推進室
技術移転コーディネータ 宇梶 純良
電話 042-327-6950
Fax 042-327-6659
E-mail: ippo@ml.nict.go.jp