

# 長作動距離広視野または 超高分解能を実現する レンズレスホログラフィック顕微鏡

兵庫県立大学大学院

工学研究科 電子情報工学専攻

教授 佐藤 邦弘

# 新技術の概要

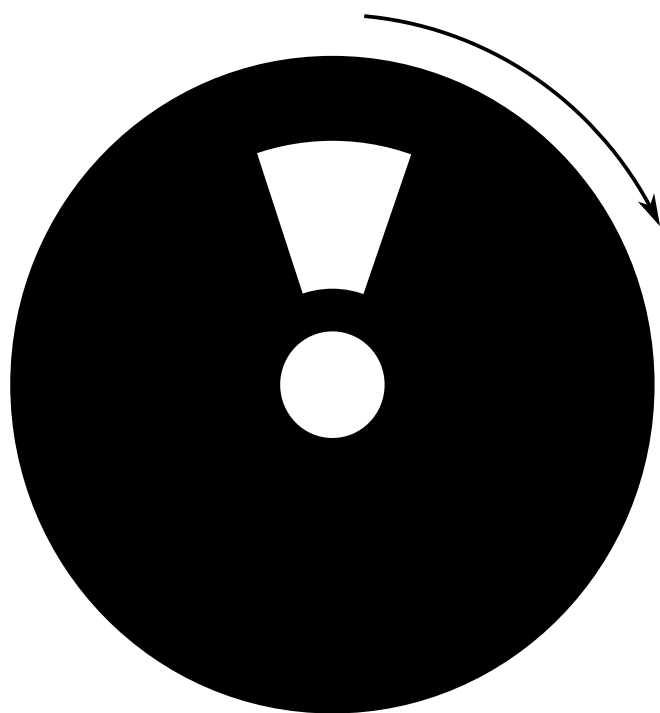
透過型と反射型のいずれも実現でき、長作  
動距離広視野または超高分解能を実現でき  
るレンズレスホログラフィック撮像装置、  
および同装置に用いるデータ処理方法  
を提供します。

## 新技術の特徴

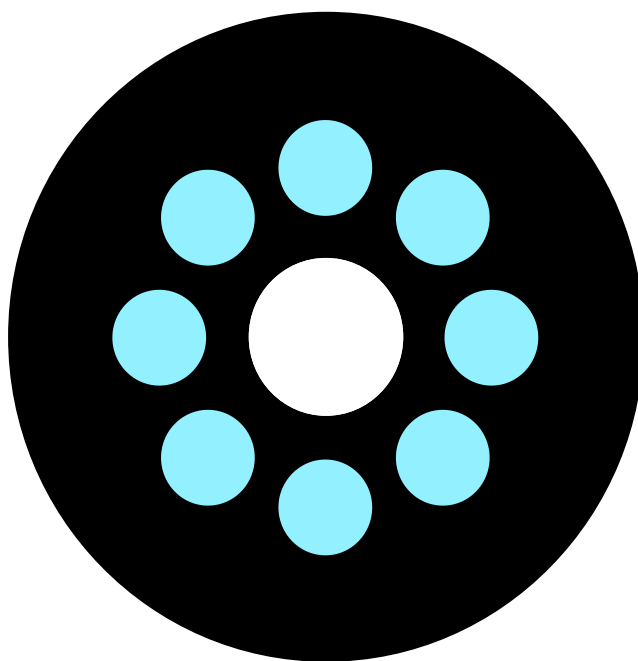
- 結像レンズを使わない正確な物体光記録とコンピュータによる物体光再生
- 照明光切替による多数物体光の高速記録
- 相関計算を使った多数物体光の合成
- 光波合成による長作動距離広視野または超高分解能の実現

# 1. 多数光波の高速記録

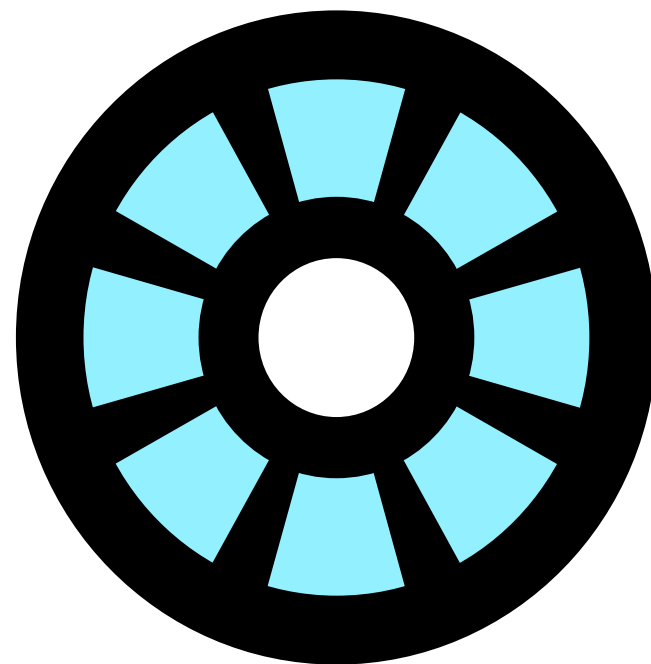
開口円盤を回転して照明光の方向を切り替え、多数または複数のホログラムを正確に高速記録する。



開口回転盤



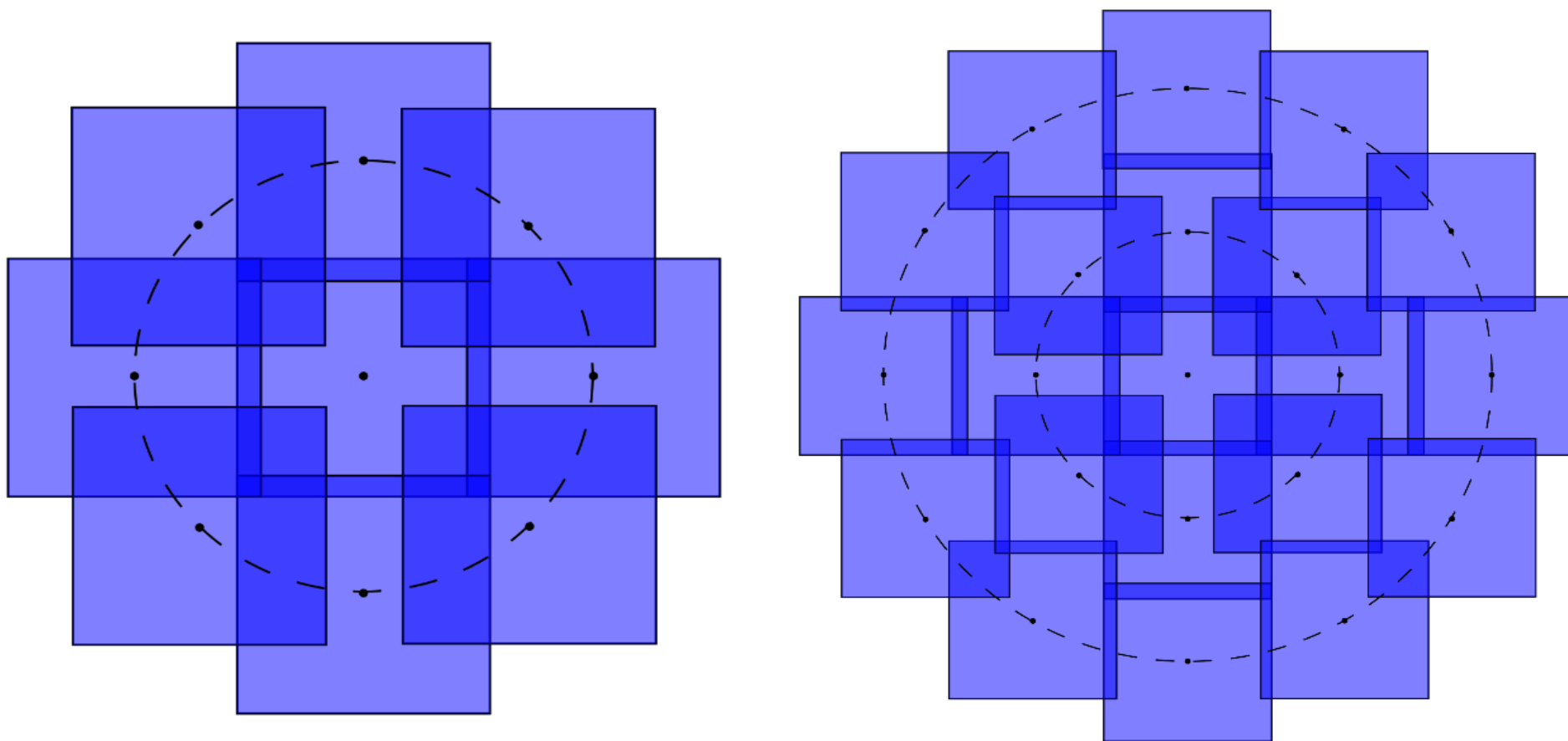
レンズ付き円板



プリズム付き円板

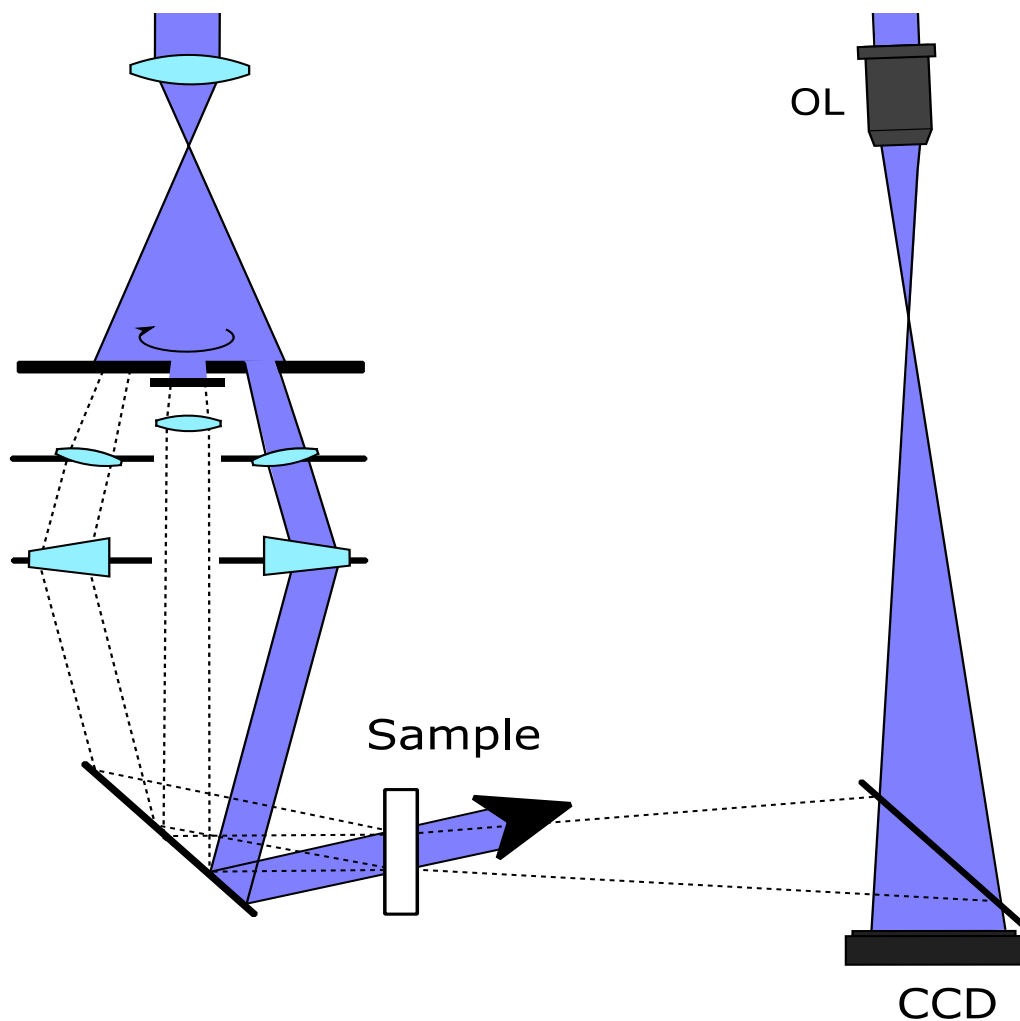
## 2. 光波の合成

物体光間の相関計算を行って照明光を求め、照明光で物体光を変調した後に、物体光を重ね合わせる。



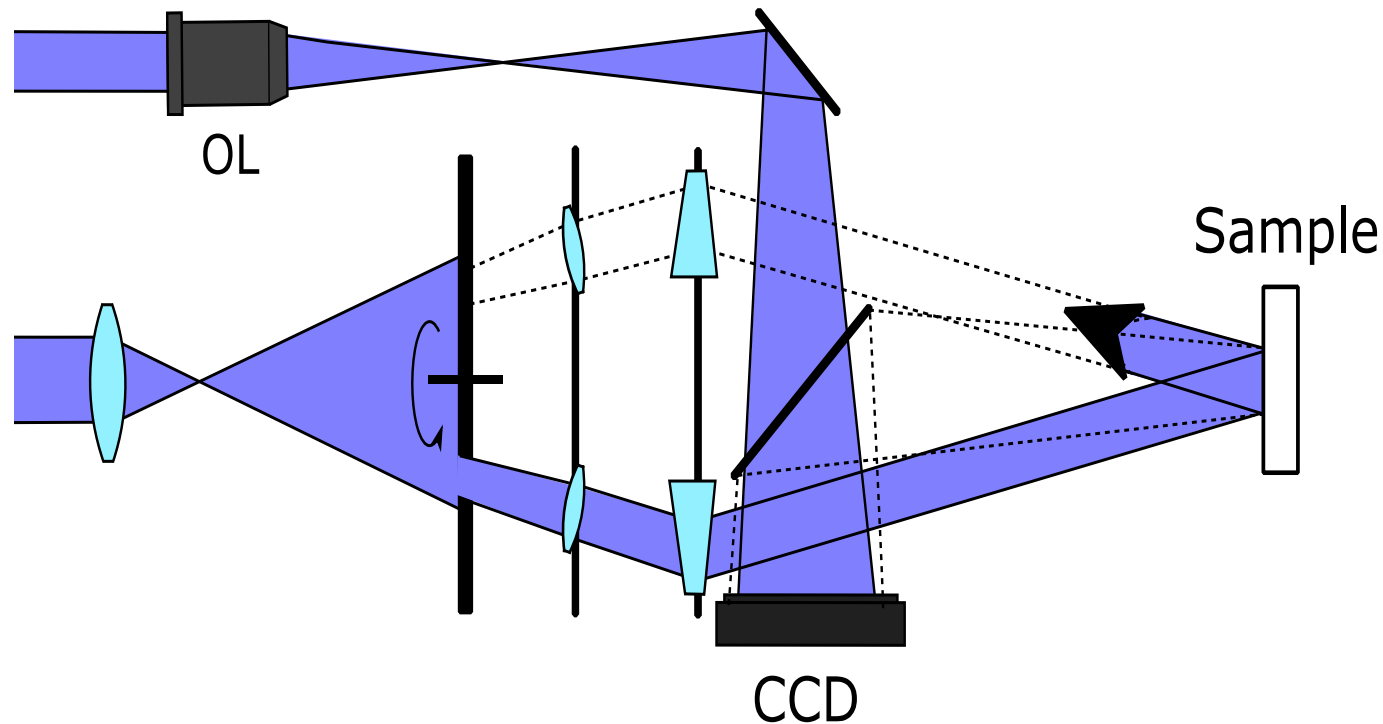
合成物体光の空間周波数帯域

# 長作動距離広視野顕微鏡の光学系(1/2)



透過型（回転スリットとレンズ、およびプリズム（または回折格子）を使った平行照明光の切り替え）

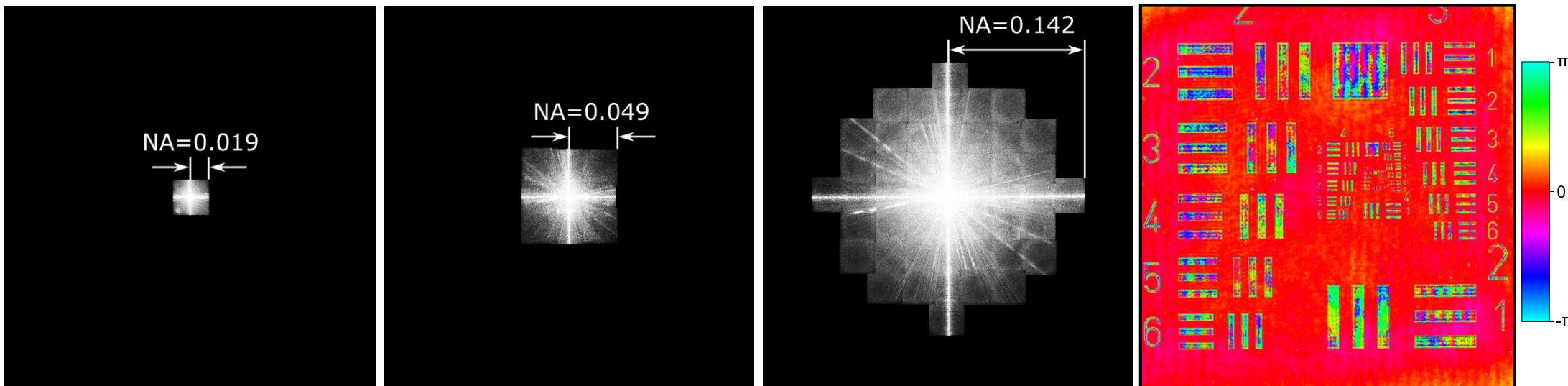
# 長作動距離広視野顕微鏡の光学系(2/2)



反射型（回転スリットとレンズ、およびプリズム（または回折格子）を使った平行照明光の切り替え）

# 長作動距離広視野顕微鏡の実験結果(1/2)

物体光間の相関計算を行って照明光を求め、照明光で物体光を変調した後に、物体光を重ね合わせる。



物体光(NA=0.019)

合成物体光(9枚、NA=0.049) (49枚、NA=0.142)

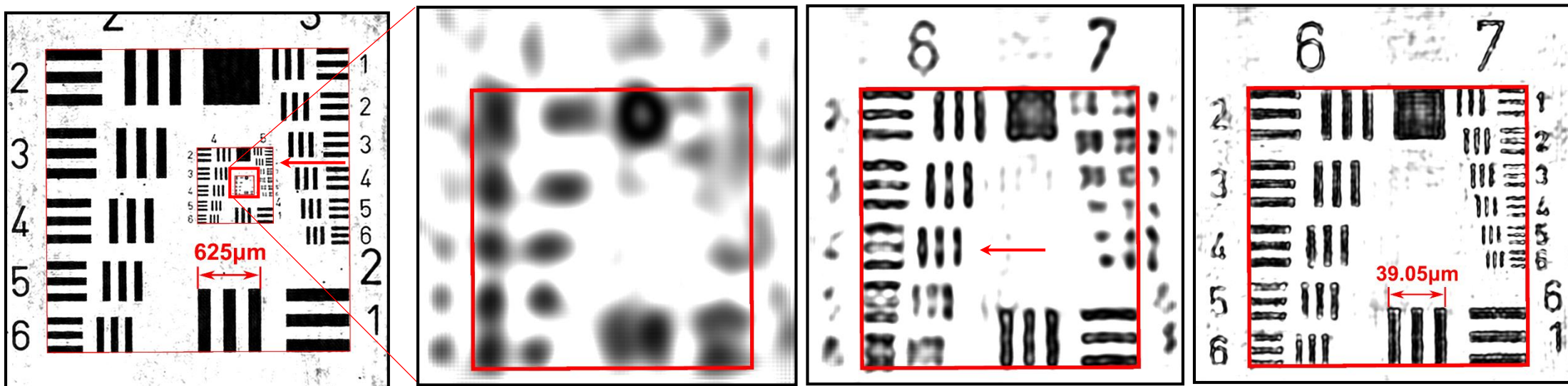
物体光と合成物体光の空間周波数スペクトル

位相差画像(49枚、NA=0.142)



# 長作動距離広視野顕微鏡の実験結果(2/2)

- WD が数10cmの **長作動距離広視野3次元鏡微顕** を実現できる。
- レンズレス記録のため、再生画像に歪が全く生じない。
- 合成再生画像の分解能は、理論値とよく一致する。
- 物体光の位相を正確な数値データとして求めることができる。



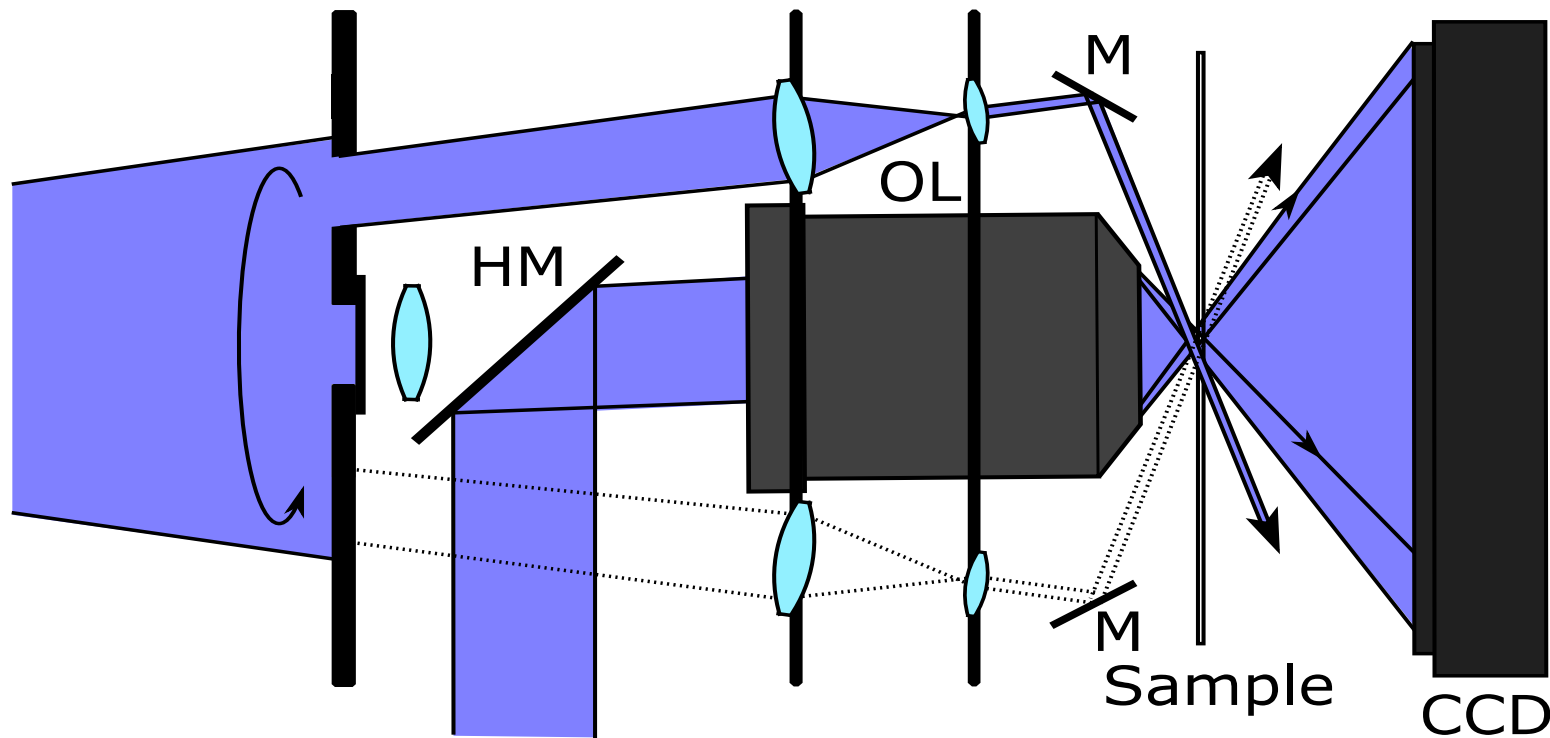
(1枚、NA=0.019)

(9枚、NA=0.049)

(49枚、NA=0.142)

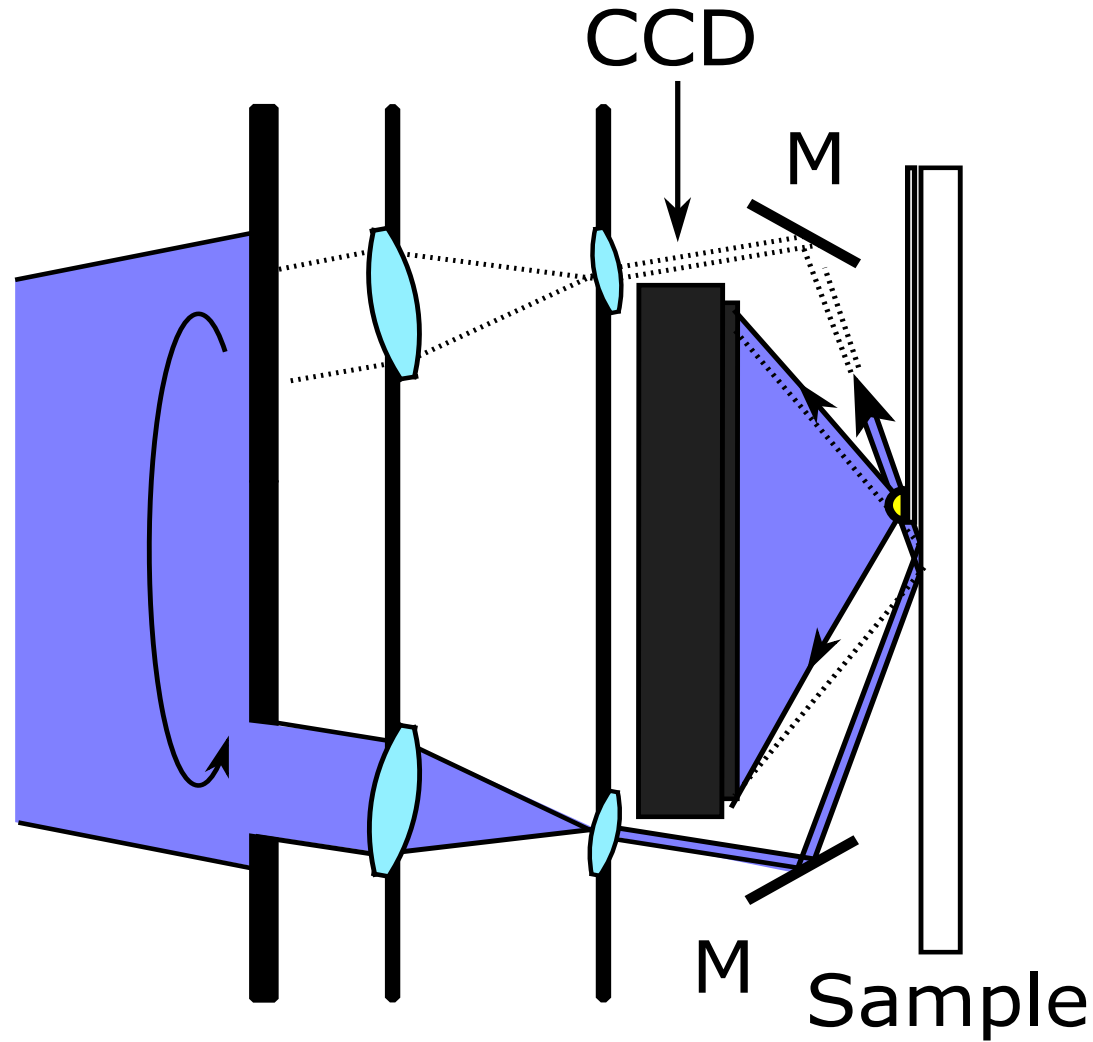
再生画像 と 部分拡大画像 (WD=52.4cm)

# 超高分解能顕微鏡の光学系(1/2)



透過型（回転スリットとレンズ、およびプリズム（または回折格子）を使った平行照明光の切り替え）

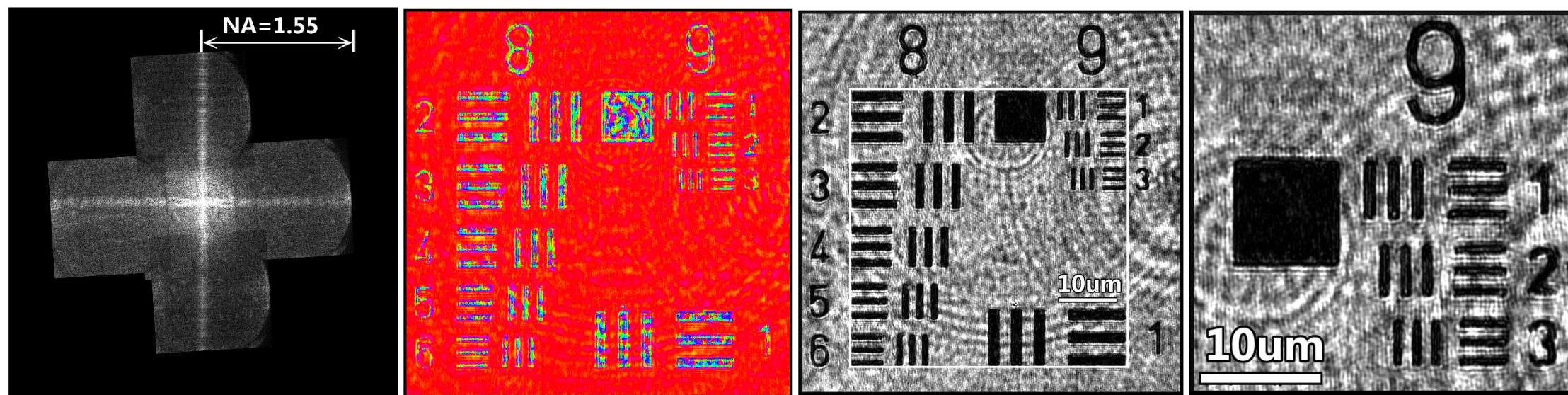
# 超高分解能顕微鏡の光学系(2/2)



反射型（回転スリットとレンズ、およびプリズム（または回折格子）を使った平行照明光の切り替え）

# 超高分解能顕微鏡の実験結果

- 合成開口NA が2に近い **超高分解能3次元鏡微顕**を実現できる。
- レンズレス記録のため、再生画像に歪が全く生じない。
- 物体光の位相を正確な数値データとして求めることができる。



合成物体光 (NA=1.55) の  
空間周波数スペクトルと 位相差画像

再生画像と拡大図 (5枚、NA=1.55)

## 従来技術とその問題点

- 結像レンズを使った従来の光学技術では、長作動距離広視野顕微鏡の実現は困難である。
- 顕微鏡の開口数は1以下であり、光回折限界を超える分解能を得ることはできない。
- 結像レンズを使うと、正確な記録が困難である。

## 新技術の特徴・従来技術との比較

- データの大量蓄積と光波合成により、作動距離が数10cmの広視野3次元顕微鏡を実現できる。
- データの蓄積と光波合成により、合成開口数が2に近い超高分解能3次元顕微鏡を実現できる。
- 結像レンズを使用しないので、歪の無い正確な画像を記録・再生できる。
- 物体光位相を正確な数値データとして記録できる。

## 想定される用途

- 大面積表面上の微小なキズ・ホコリ検出やマイクロ構造体の評価等に適用すると、本技術の特徴である無歪と長作動距離広視野及び高分解能のメリットが大きいと考えられる。
- また、位相差画像を活用した大容積培養液中の生体組織や細胞の解析も期待される。
- 超高分解能に着目すると、バクテリア等の3次元観察も可能になると思われる。

## 実用化に向けた課題

- 現在、長作動距離広視野および超高分解能は実証済み。キズ・ホコリ検出やマイクロ構造体の評価等については、今後実証実験を行う。
- 実時間撮像を実現するためには、ホログラム多数記録の高速化が課題になる。
- 光波記録を生かした新たな研究課題として、生体組織の偏光解析等が挙げられる。



## 企業への期待

- **光学設計や光計測の技術を持つ企業との共同研究を希望する。**
- **ホログラフィック顕微鏡のデモ機製作と市場調査、および製品化を期待する。**
- **また、表面計測や細胞培養解析の分野への展開を考えている企業には、本技術の導入が有効と思われる。**

# 本技術に関する知的財産権

1. 「複素振幅インラインホログラムの生成方法および該方法を用いた画像記録装置」  
国際出願 PCT/JP2010/073185
2. 「微小被写体のホログラム画像記録方法、高分解能画像再生用ホログラム作成方法、画像再生方法、およびホログラフィック顕微鏡」  
国際出願 PCT/JP2011/065531
3. 「ホログラフィック断層顕微鏡、ホログラフィック断層画像生成方法、およびホログラフィック断層画像用のデータ取得方法」  
国際出願 PCT/JP2013/077059
4. 「ホログラフィック顕微鏡、高分解能画像用のホログラムデータ取得方法、および高分解能ホログラム画像再生方法」  
国際出願 PCT/JP2014/005448
5. 「ホログラフィック撮像装置および同装置に用いるデータ処理方法」  
特願 2017-166256（国際出願予定）

出願人： 兵庫県立大学、 発明者： 佐藤邦弘

# 産学連携の経歴

- 2013年-2014年 JST特許群支援事業に採択
- 2013年-2014年 兵庫県COEプログラム推進事業に採択
- 2013年-2014年 医療機器メーカーと共同研究実施
- 2015年-2016年 水質検査機器メーカーと共同研究実施
- 2017年- 光機器メーカーと共同研究実施
- 2017年- 光計測機器メーカーと共同研究実施

# お問い合わせ先

兵庫県立大学 産学連携・研究推進機構  
知的財産本部

知的財産コーディネーター 宮武 範夫

TEL 079-283 - 4560

FAX 079-283 - 4561

e-mail [miyatake@hq.u-hyogo.ac.jp](mailto:miyatake@hq.u-hyogo.ac.jp)