



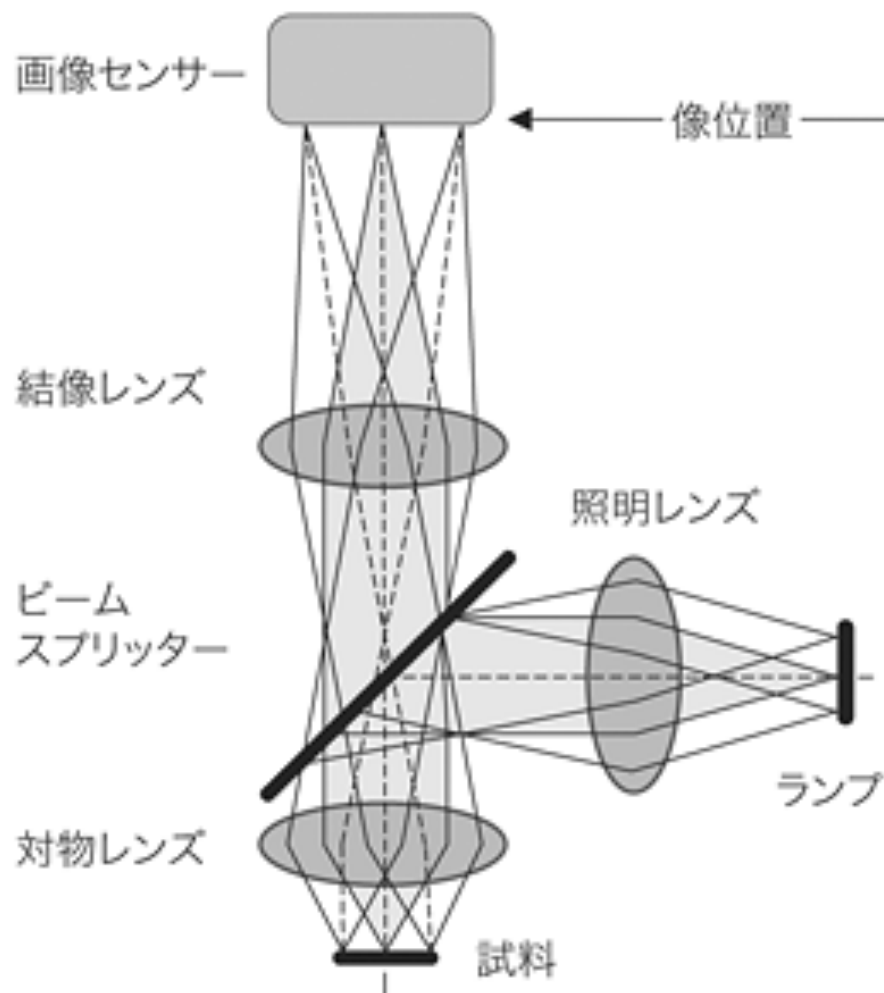
レーザービーム走査が不要で 超解像イメージングが可能な フルフィールド共焦点光コム顕微鏡

STS研究部

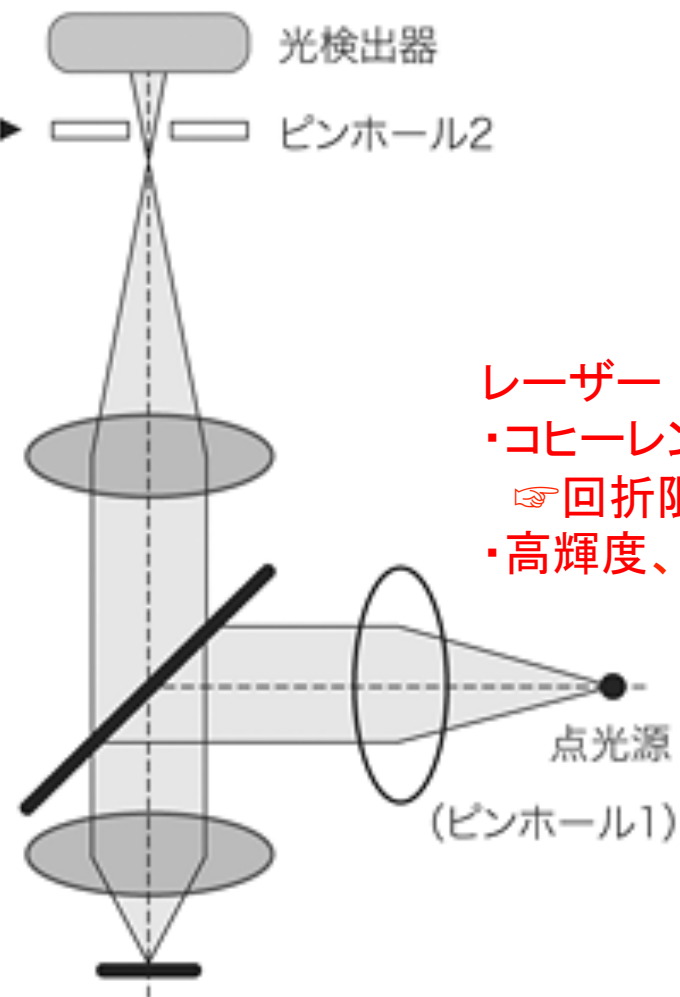
安井 武史、山本 裕紹ほか

光学顕微鏡

通常の顕微鏡光学系

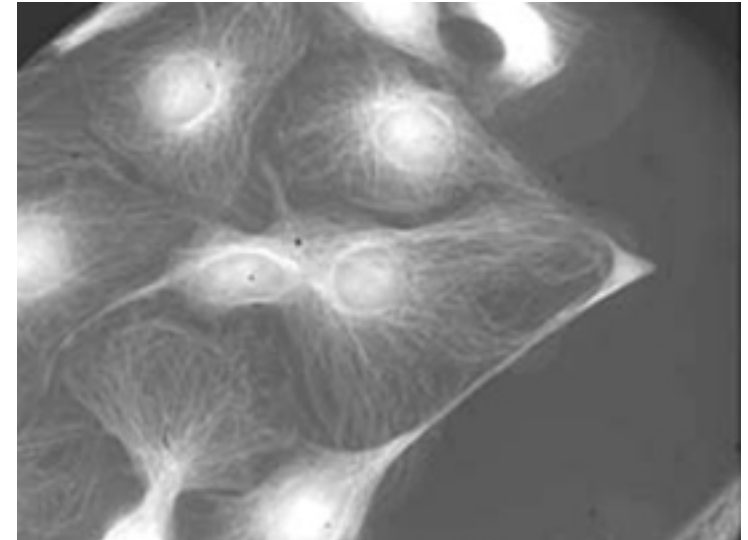
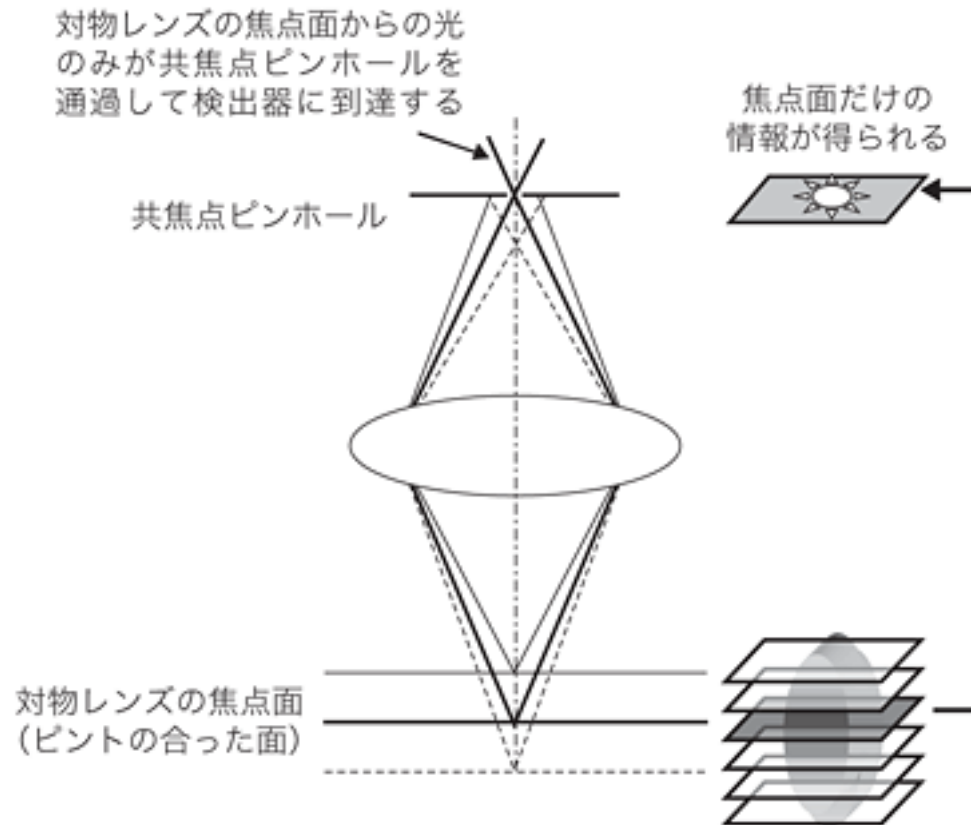


共焦点顕微鏡光学系

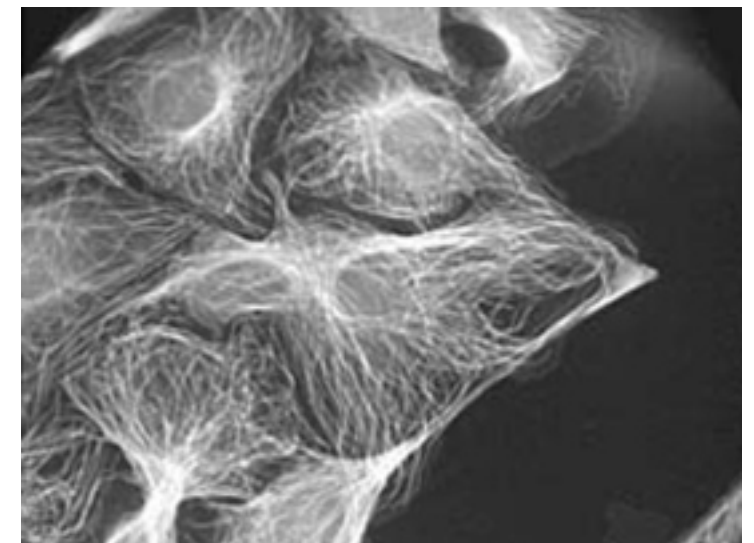


- レーザー
- ・コヒーレント
- ☞ 回折限界集光
- ・高輝度、安定出力

共焦点レーザー顕微鏡



通常顕微鏡の画像



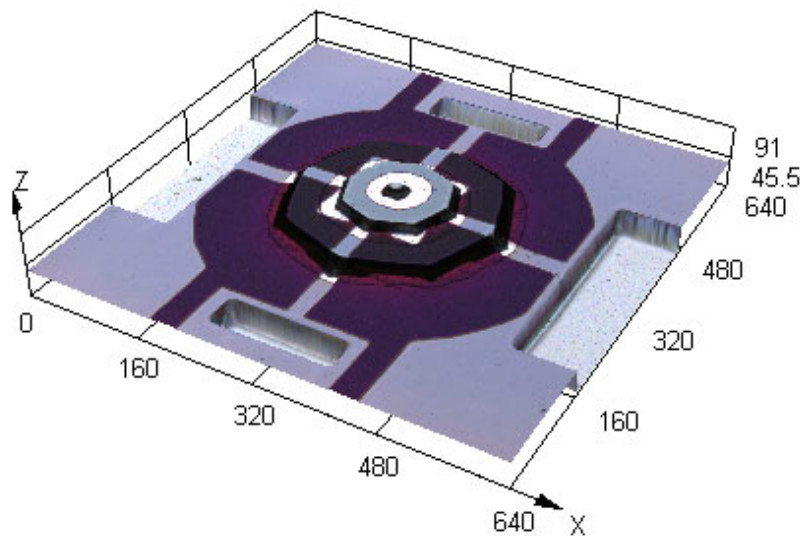
共焦点顕微鏡の画像

焦点のみの信号を検出

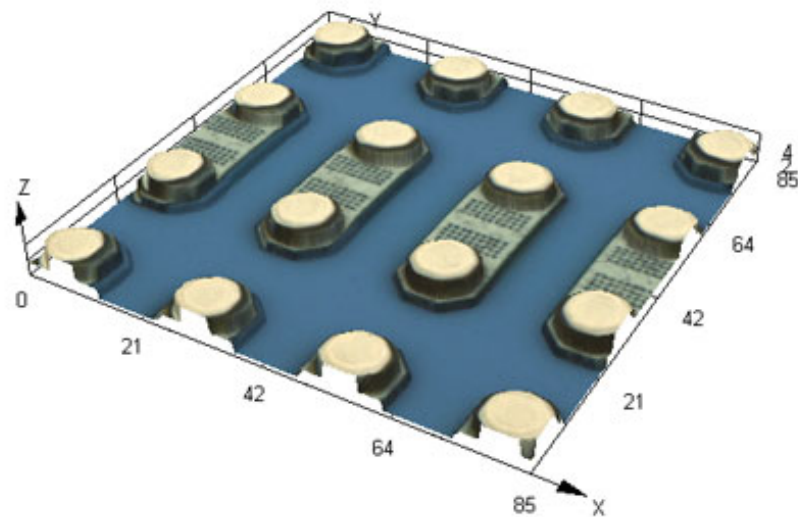
- ・迷光無し
- ・厚みのあるサンプルでも像がボケない
- ・深さ方向に分解能を持つ

共焦点顕微鏡の応用例

MEMSミラー



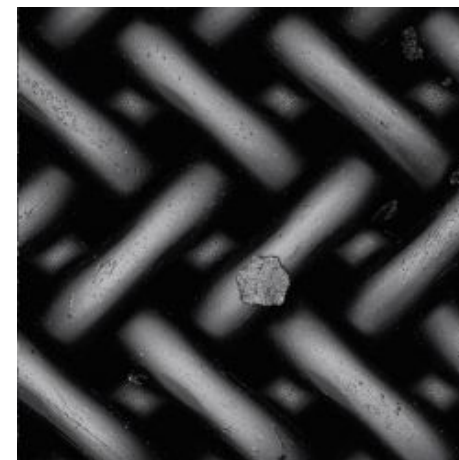
ウェハバンプ



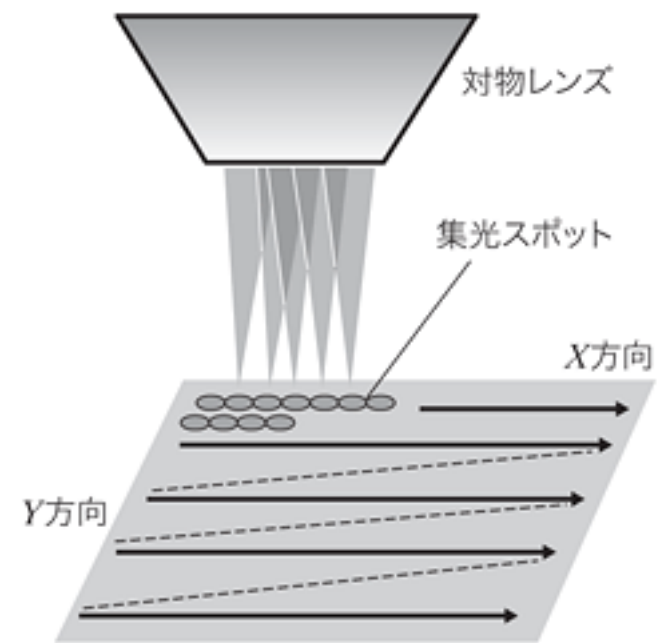
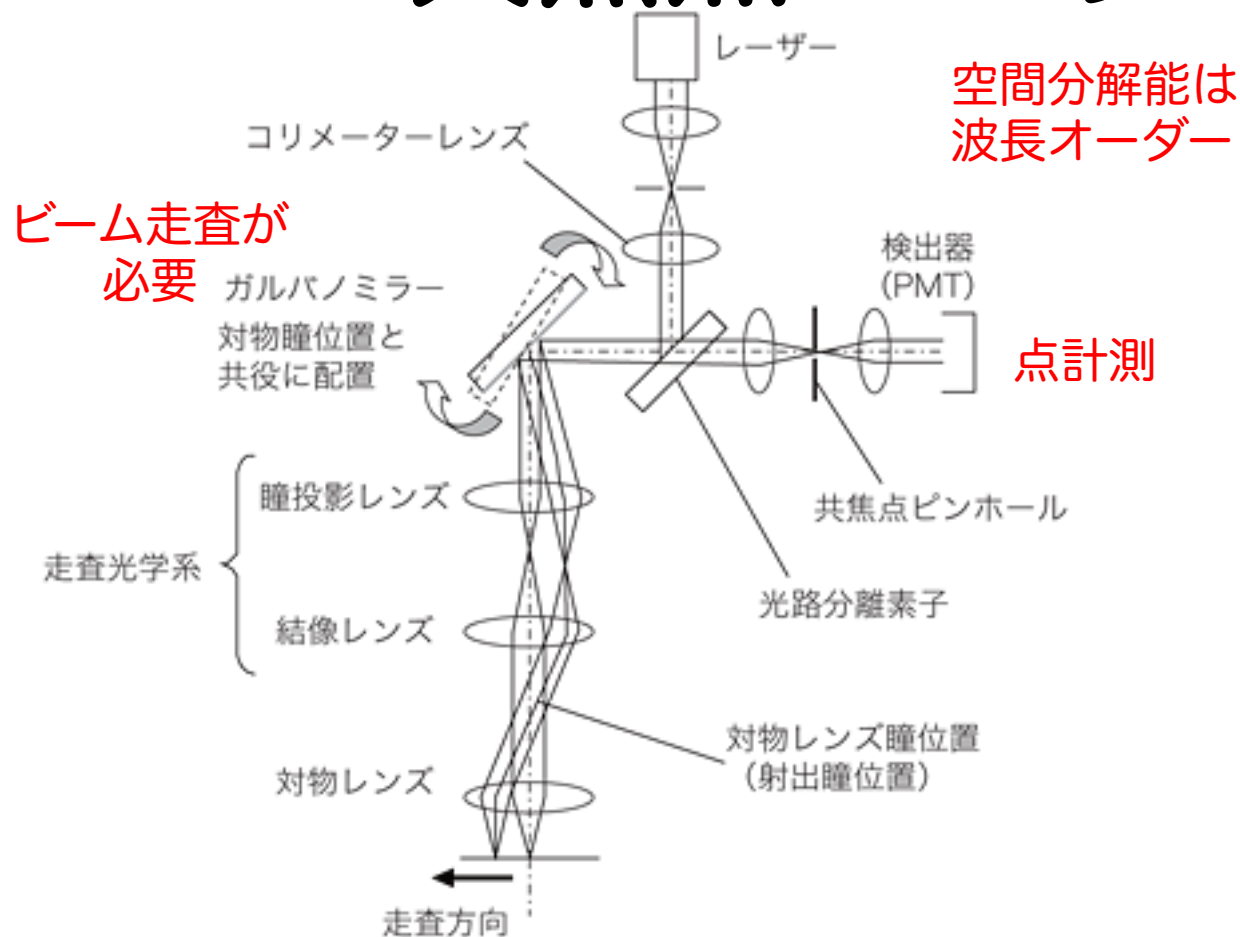
カーボン



自動車フィルター異物



共焦点レーザー顕微鏡



共焦点顕微鏡の光学系概略

http://bioimaging.jp/learn/023/index_2.html

レーザービーム走査による画像形成概念図

<http://bioimaging.jp/learn/023/>

より高速に、より高空間分解能に

研究目的

従来技術

集光レーザーの走査により
シリアルに像を形成。



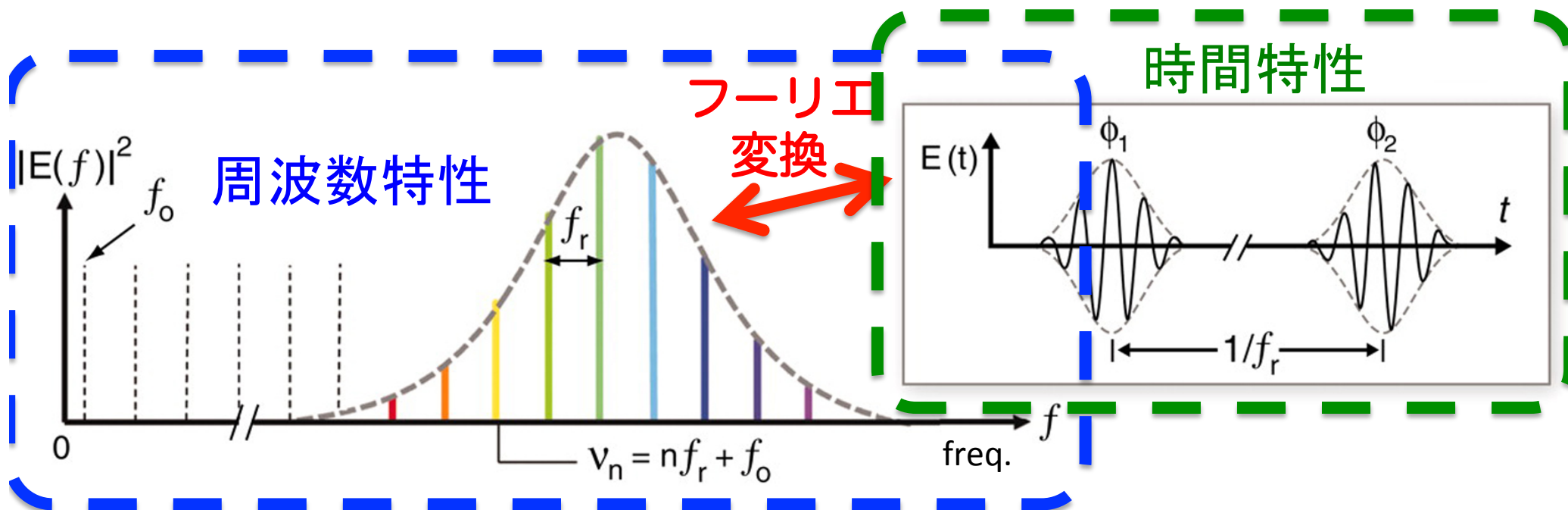
光情報処理・
3Dディスプレイ技術を
焦点顕微鏡に導入

提案技術

ワンショットで同時
並列に像を形成。



光周波数コム (フェムト秒レーザー光)



光周波数コム (combとは、櫛のこと)

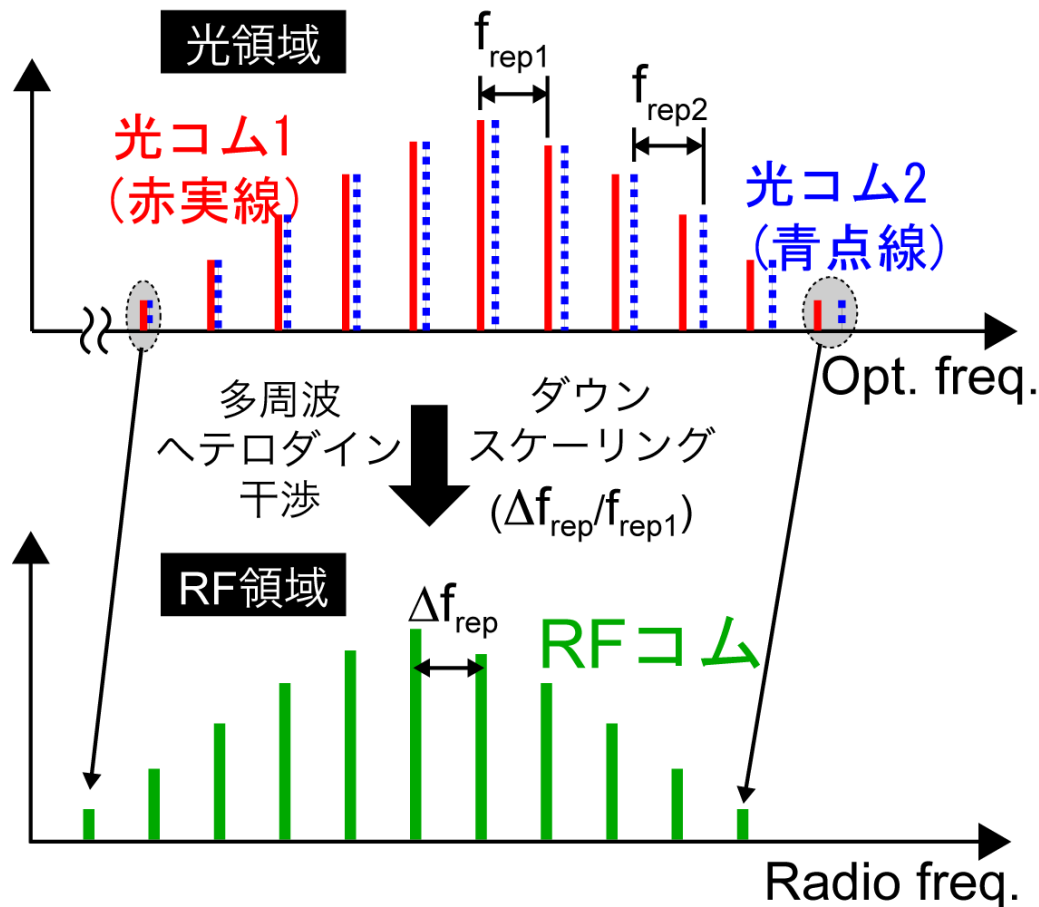
光領域における超精密周波数ものさし
(数万～数十万本に及ぶ狭線幅CWレーザー光が等間隔で並んだ集合体)
(単純性, 広帯域選択性, 高スペクトル純度, 周波数逡倍性)

デュアル光コム分光法

光コムの各モードは分光器で分解できない！

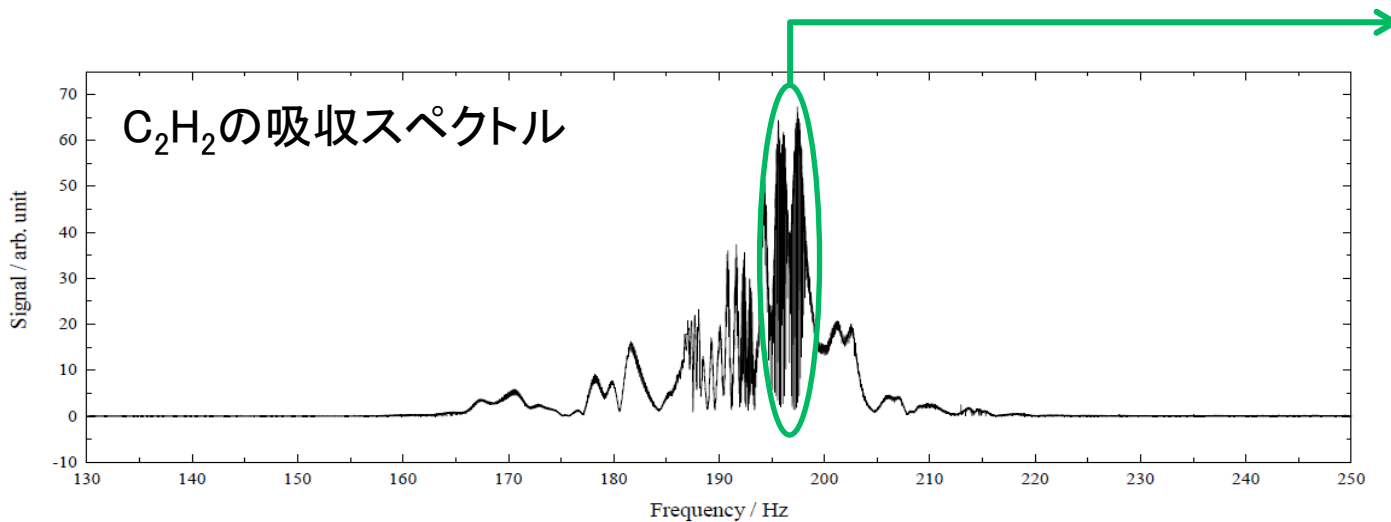
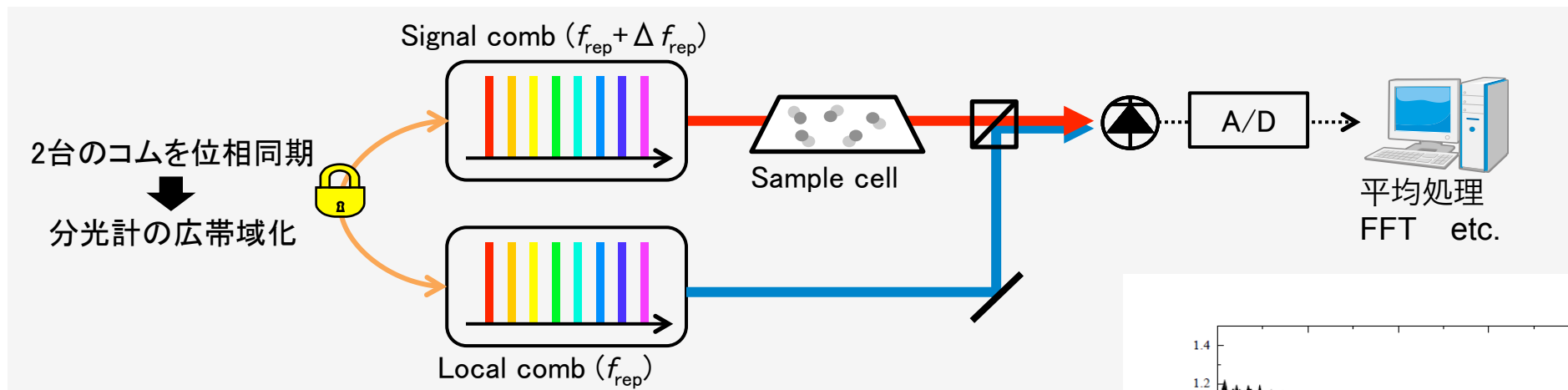
多周波ヘテロダイン干渉により、RFコム（光ビートスペクトル）にダウンスケーリング

RFスペアナで直接計測し、元の周波数スケールに戻す

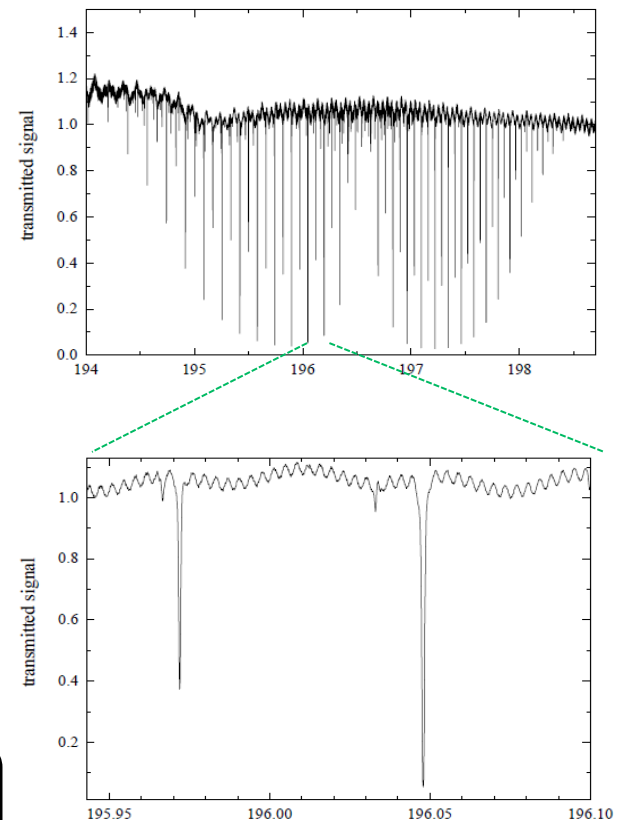


分光器フリー、高分解能、高確度、広帯域
高速、信号増強

光コムの実用例 (超精密ガス分光)



← スペクトル帯域: 120 THz →



分解能: 48 MHz

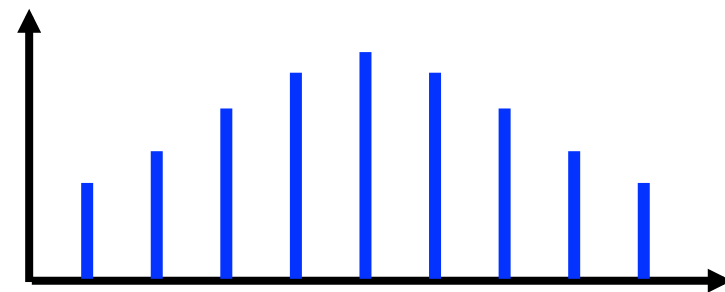
広いスペクトル帯域、高分解能、高速測定を両立する分光測定
(120 THz) (48 MHz) (110 ms)

次元変換コム

時間情報
空間情報
偏光情報
その他

波長変換

次元変換コム



各種情報を光コムに重畳

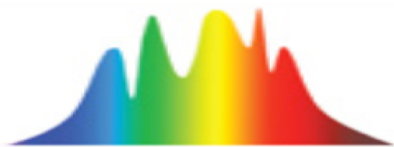
デュアル光コム

コム・モード数
☞膨大なチャンネル数
コム・モード線幅
☞極小のサンプリング幅

波長情報で読み出し

波長/2次元平面の双方向次元変換を用いた シングルショットイメージング

スペクトルの凹凸が各画素の
イメージ情報を反映



出力光 (多波長光)

入力光 (多波長光)



2次元平面 / 波長 変換
(2次元イメージ情報を虹スペクトルに重畳)



2次元
回折格子



オブジェクト

波長 / 2次元平面 変換
(虹スペクトルを2次元平面にマッピング)

図5 波長 / 2次元平面と 2次元平面 / 波長の双方向変換を用いたイメージング

スキャンフリーなフルフィールド・超解像 共焦点光コム顕微鏡

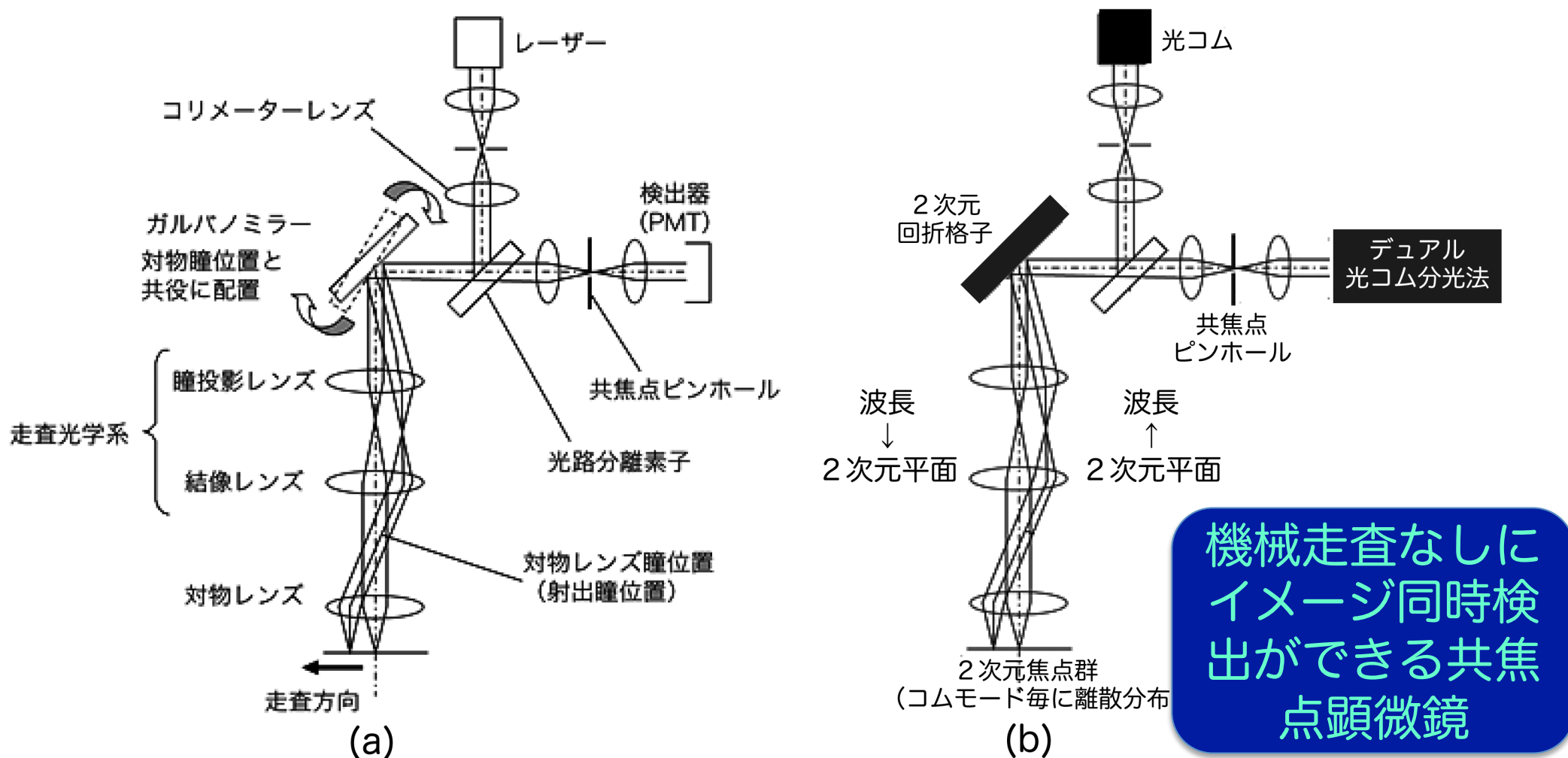


図8 装置構成。(a) 従来の共焦点レーザー顕微鏡と (b) 提案の顕微鏡

回折限界を超える空間分解能を達成するためには？

画像デコンボリューション

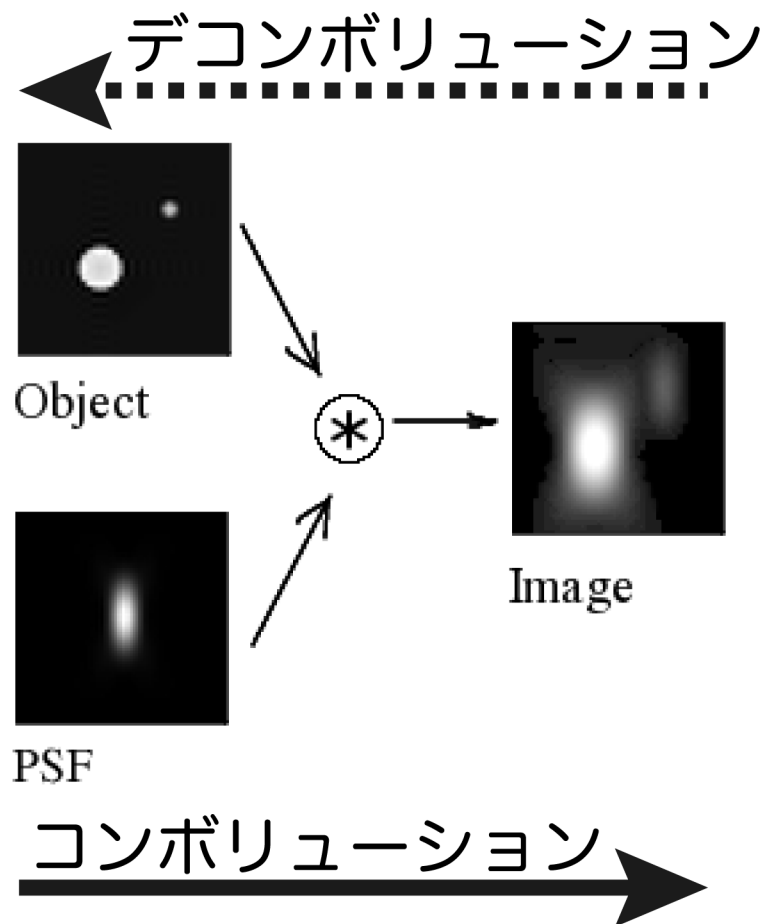
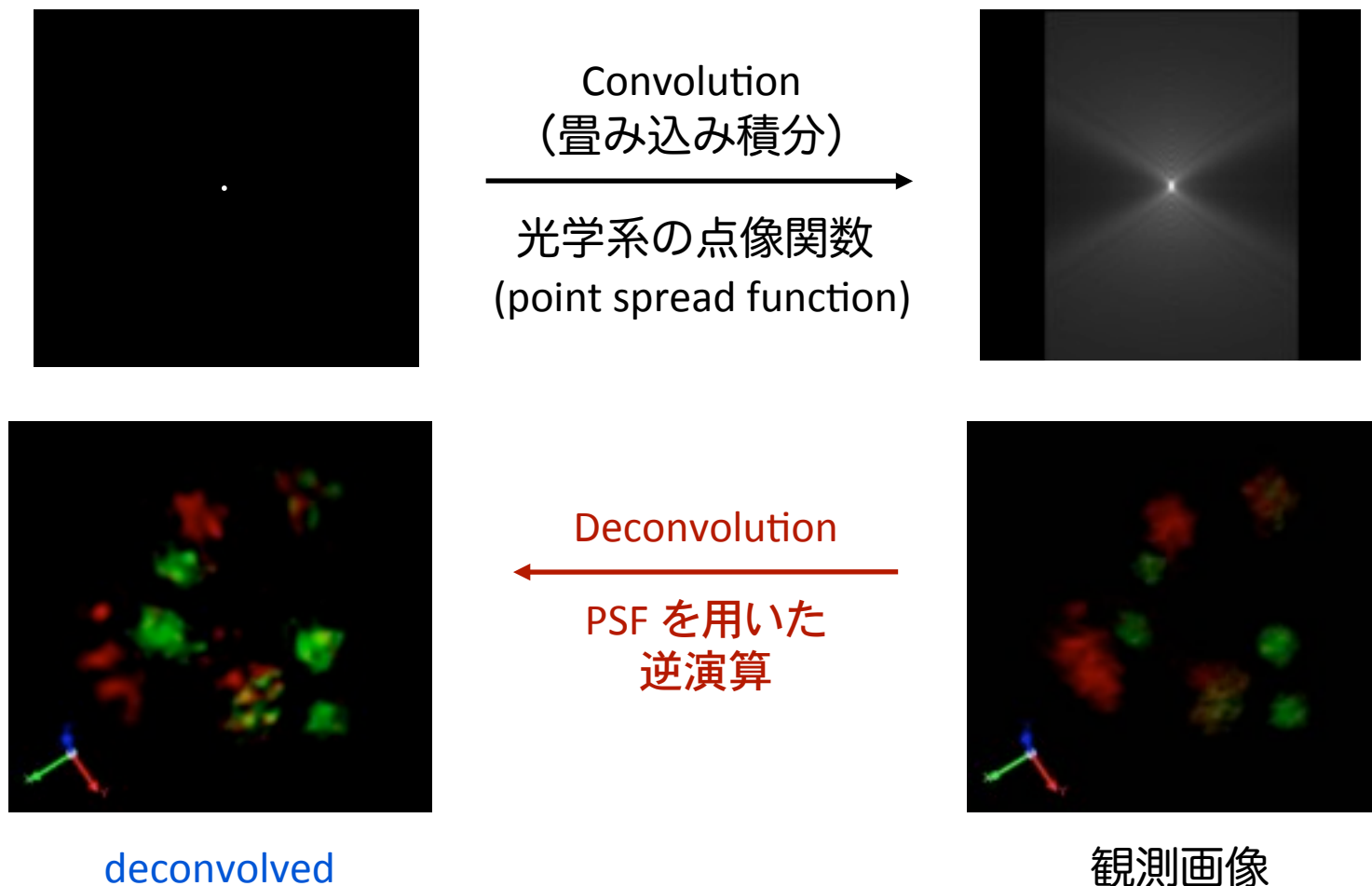


図 7 画像デコンボリューション

デコンボリューションの手法

<http://jstshingi.jp/abst/p/14/1407/riken2-10.pdf>

顕微鏡による測定では光学系が生むボケが発生する



共焦点フルフィールド顕微鏡では、2次元空間と波長マッピングの対応関係が既知

超解像イメージング (STORM)

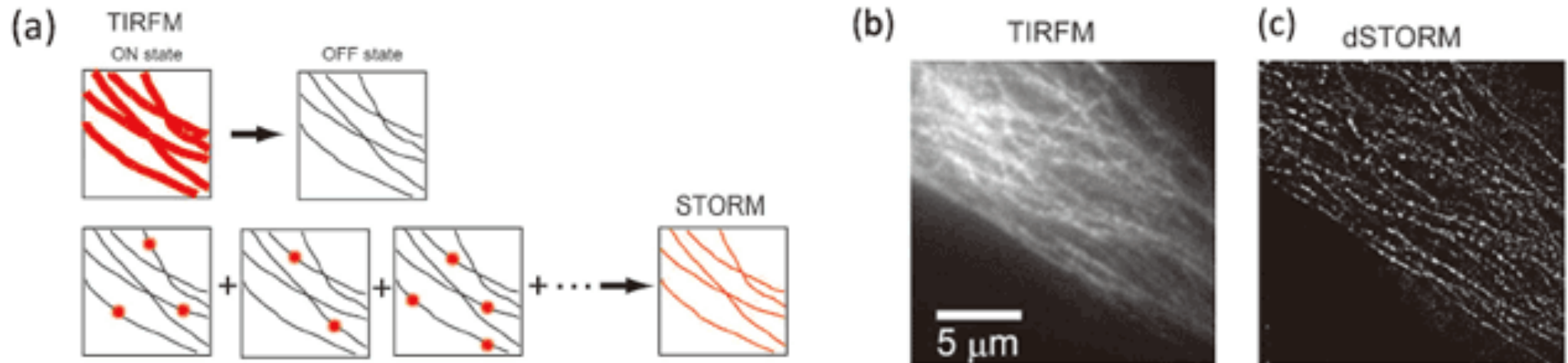


図 3 微小管の超解像顕微鏡観察

(a) STORM の原理図。まず全蛍光色素を励起 (ON state) し続けて OFF state にする。その後、1 分子の蛍光が分離できるように少数分子を ON にしながら画像を 1 万枚以上取得し、これを足し合わせるにより STORM 像を構成する。(b, c) 細胞内微小管の蛍光顕微鏡像。化学固定した HeLa 細胞の微小管に Alexa647 標識した抗 α -tubulin 抗体を結合させ、TIRFM (b) と dSTORM (c) で観察した。

画像スイッチングを超マルチ・チャンネル (光コムモード数) で並列化