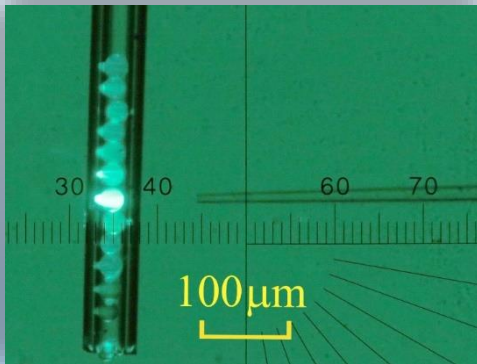


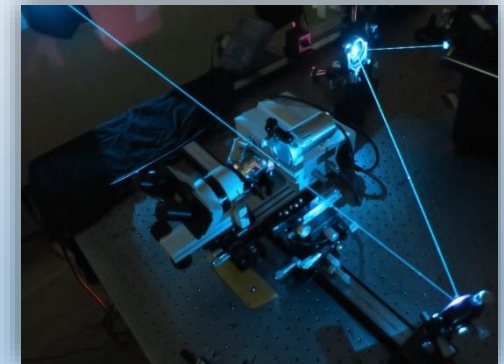
ガラスキャピラリーによる細胞照射用 レーザーマイクロスポット生成法の開発

量子エレクトロニクス教室

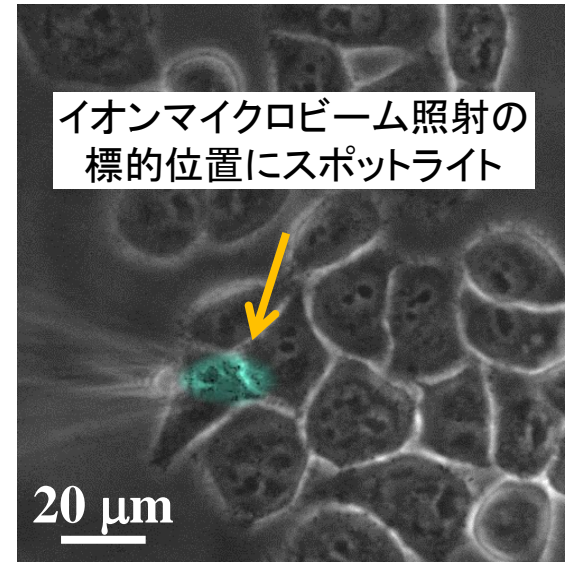
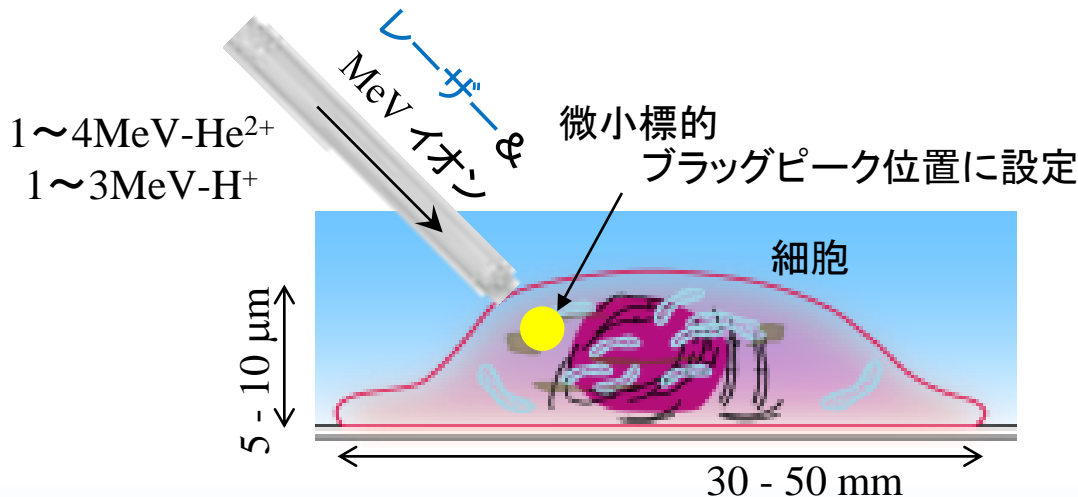
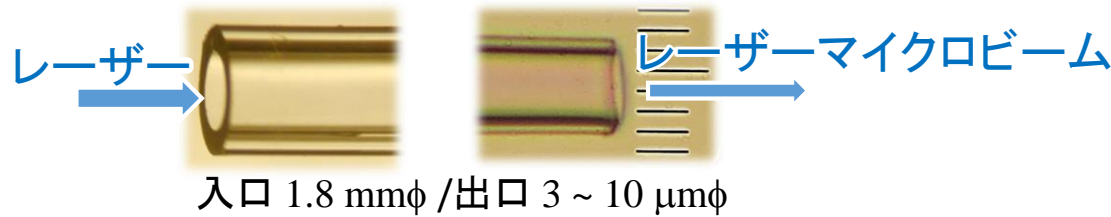
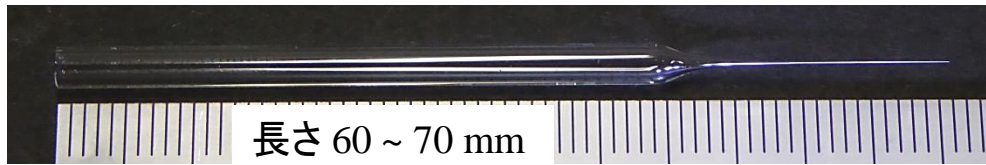
5413028 幸島美輝子



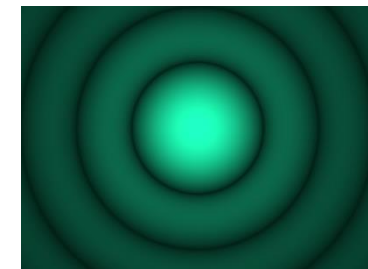
- 研究目的
- 開発した装置
- プロファイル測定方法の確立
- 解析および結果
- まとめ



イオンマイクロビームによる細胞照射と 照準用レーザーマイクロスポット



完成予想図



(一般的な照射) 数100 MeV イオンは細胞を貫通してしまう。
(キャピラリー方式) 数MeV イオンは細胞の中で停止できる。

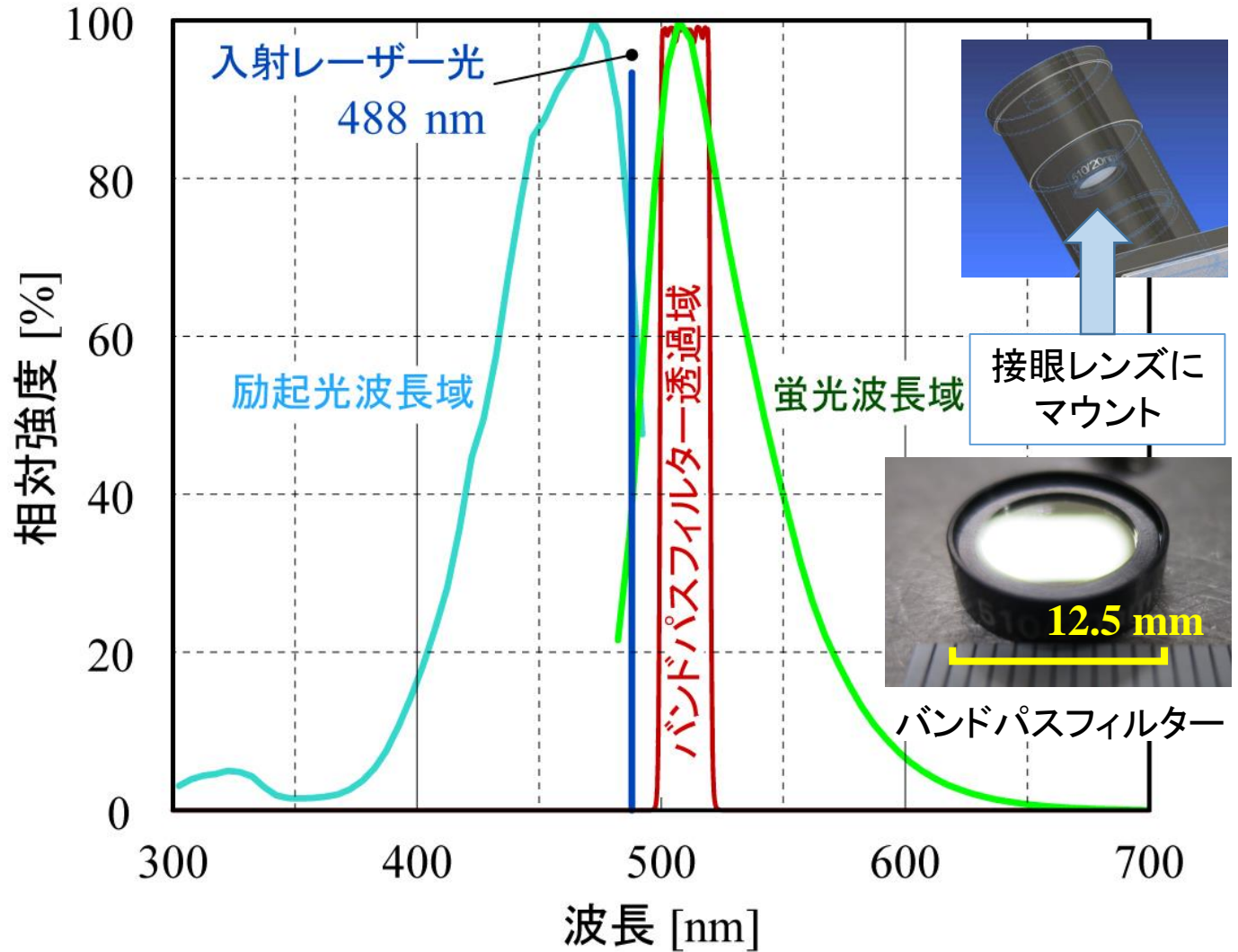
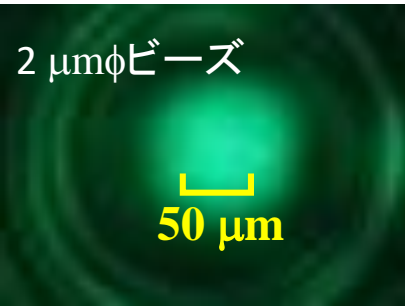
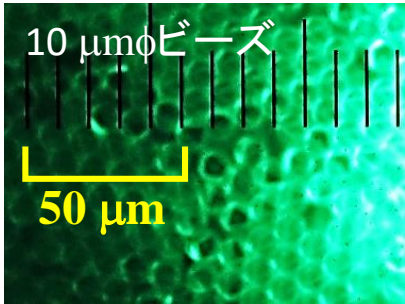
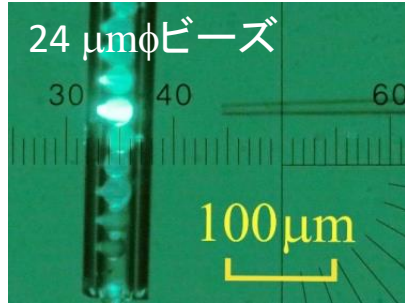
フラウンホーファー回折に似たリング
イメージが得られることがわかっている

キャピラリー方式だと細胞内で停止できる半面、照射前の照準のみで照射位置を保証

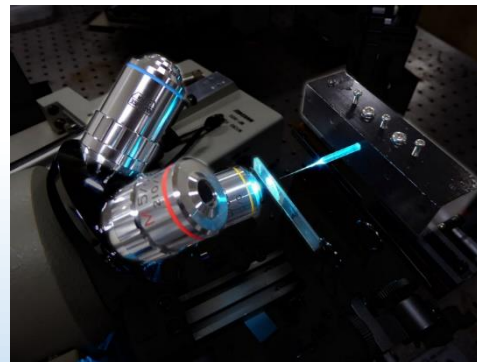
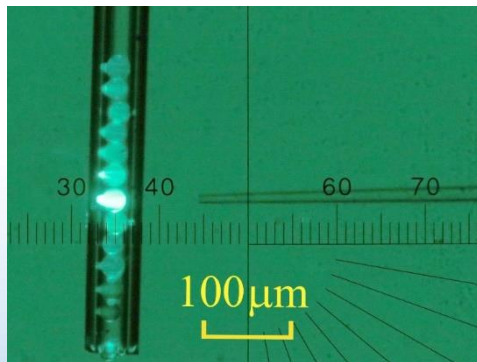
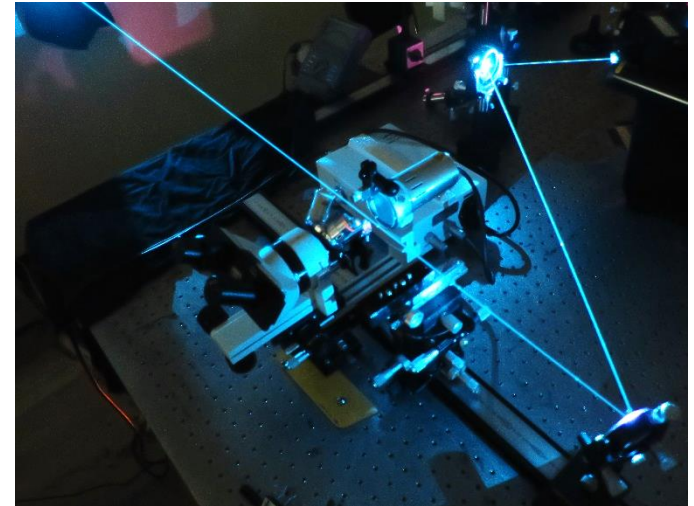
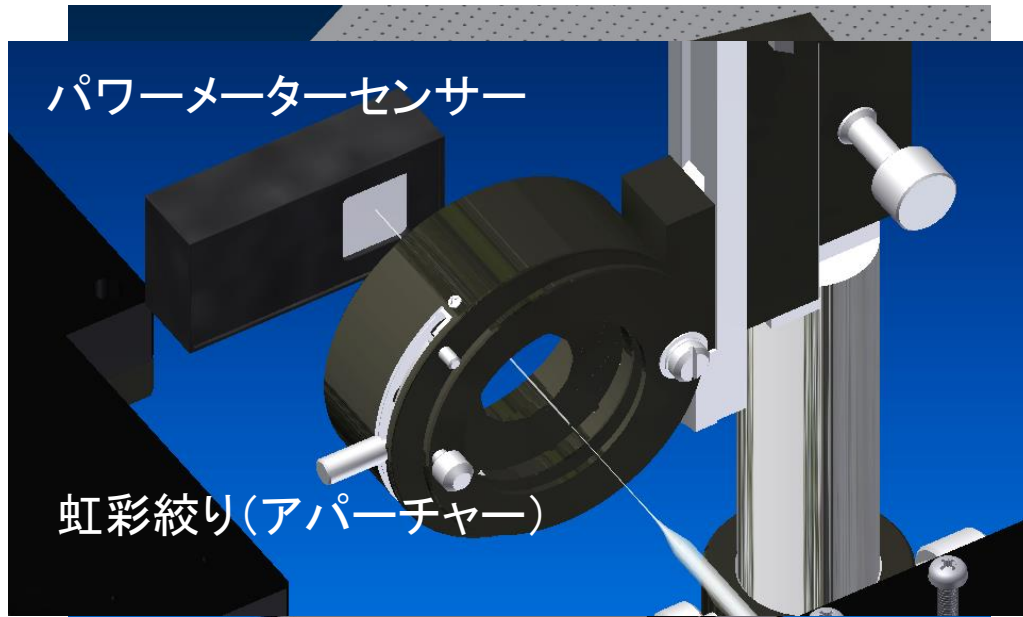
蛍光マイクロビーズ／バンドパスフィルター

特定の位置でのレーザーマイクロスポットのプロファイルを可視化

今回の開発



ビームプロファイルの測定法:3種類



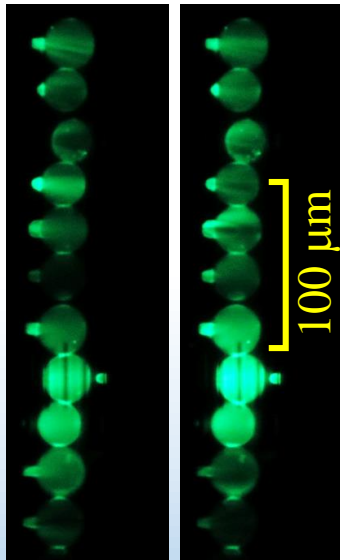
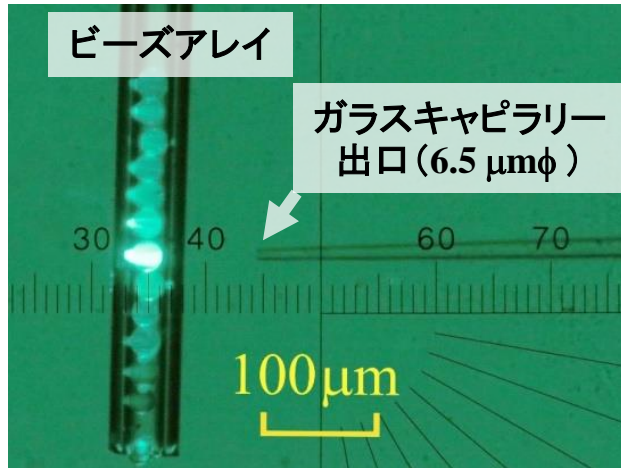
①キャピラリー出口から数100 μm
(1次元)

②数100 μm～数mm
(2次元)

③パワー測定

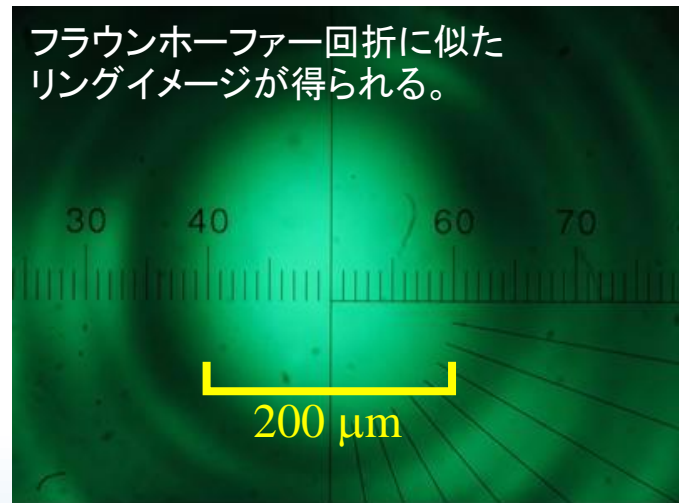
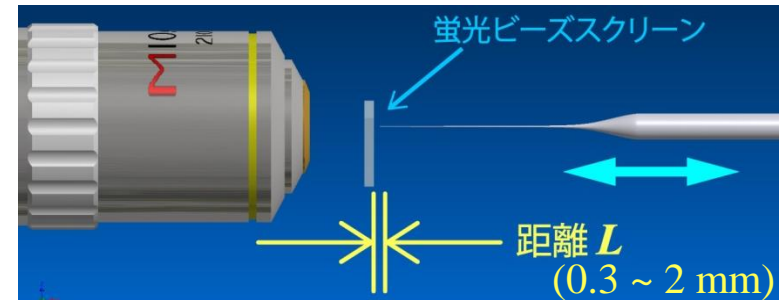
位置精度の高いビームプロファイル測定を実現

1次元: 蛍光ビーズアレイ



真横観察による L の精密設定ができ、出口近傍の測定可能。

2次元: 蛍光ビーズスクリーン



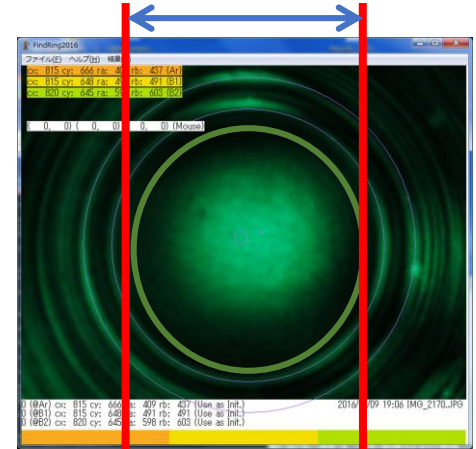
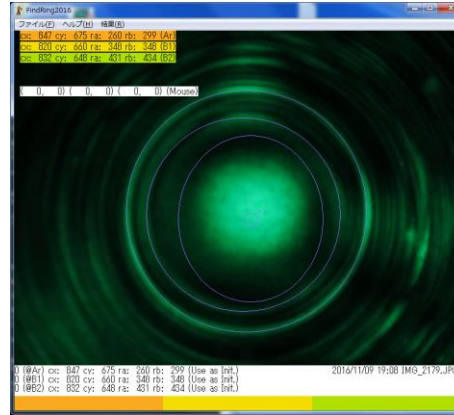
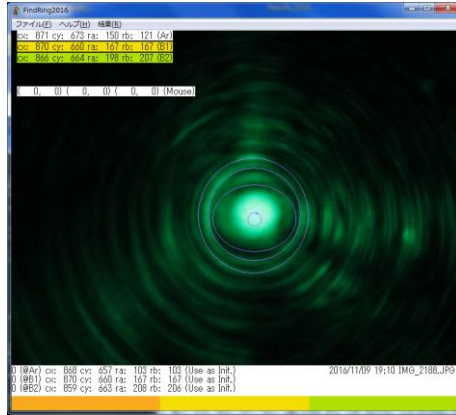
$2 \mu\text{m}$ 径の蛍光ビーズスクリーンによる回折パターン測定なら $\Delta L \simeq$ ミクロンオーダーで L が決定できる。

第1暗線・明線リングの径の抽出および比較

解析用に開発したソフトウェアでリング径を抽出

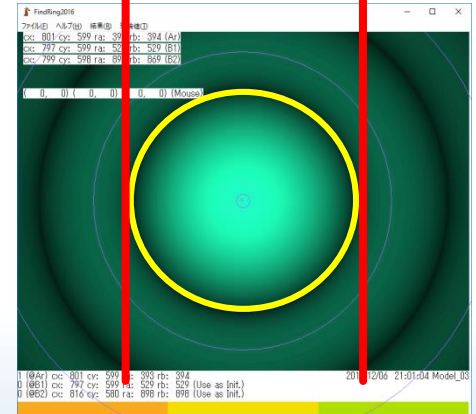
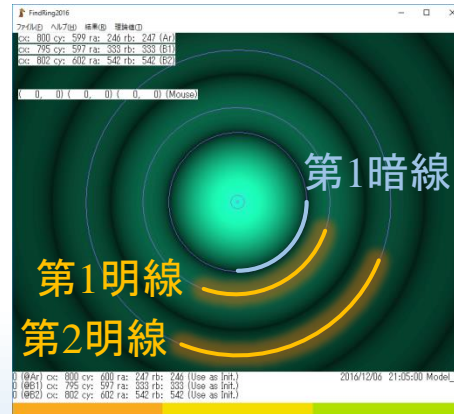
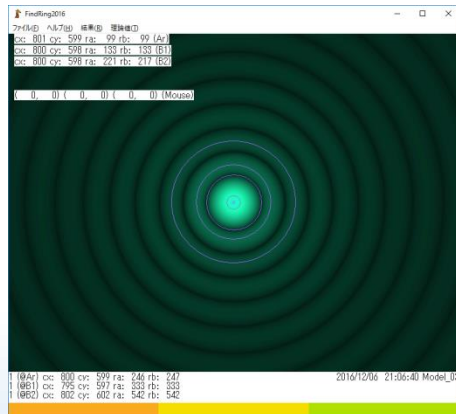
第1暗線リング径: D

キャピラリー出力
回折パターン
(実験値)



出口径 8.9 μm

計算値による
フラウンホーファー
回折パターン



$L = 0.50 \text{ mm}$

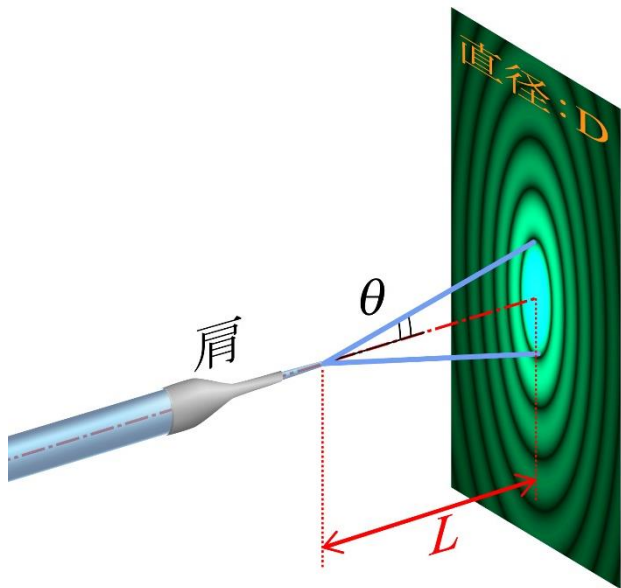
$L = 1.25 \text{ mm}$

$L = 2.00 \text{ mm}$

計算値／実験値 同じソフトで解析

第1暗線のリング径はほとんど同じ→微妙な差異を議論

第1暗線の角度拡がりのL依存性



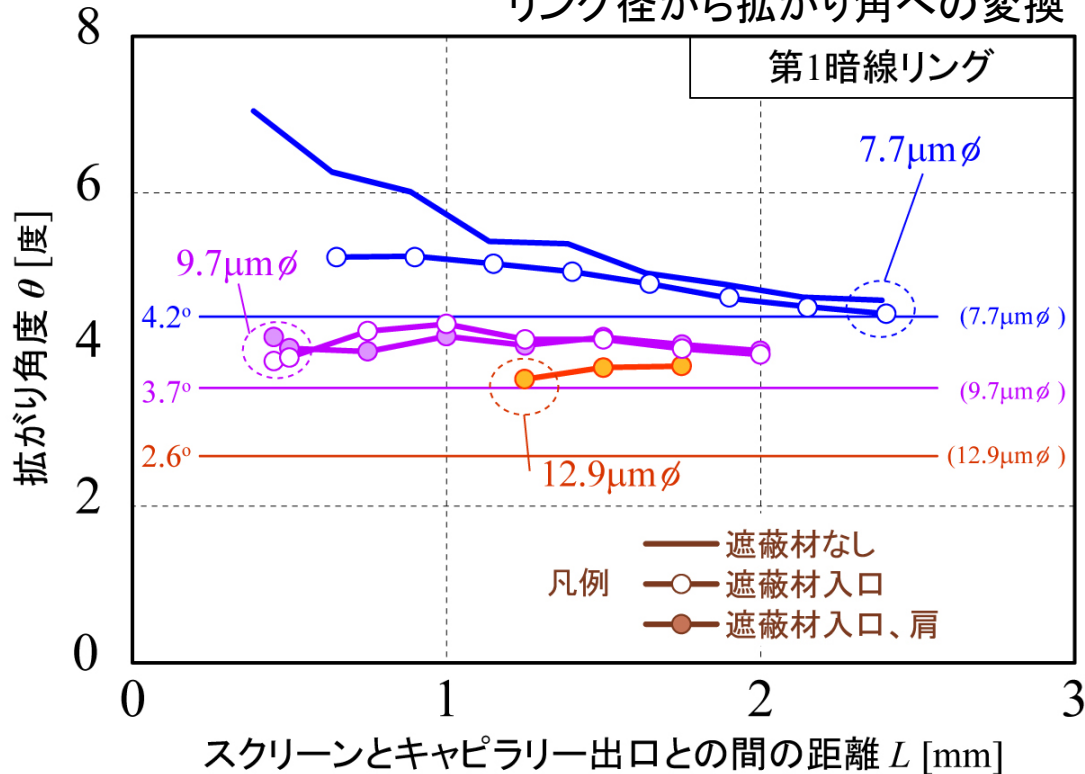
遮蔽材を入口端面と肩に塗布
(出口以外からの出射をカット)

フラウンホーファー回折の式

$$\text{第1暗線の拡がり角 } \theta \sim \tan \theta = \frac{D}{2L} \approx 1.22 \frac{L\lambda}{a}$$

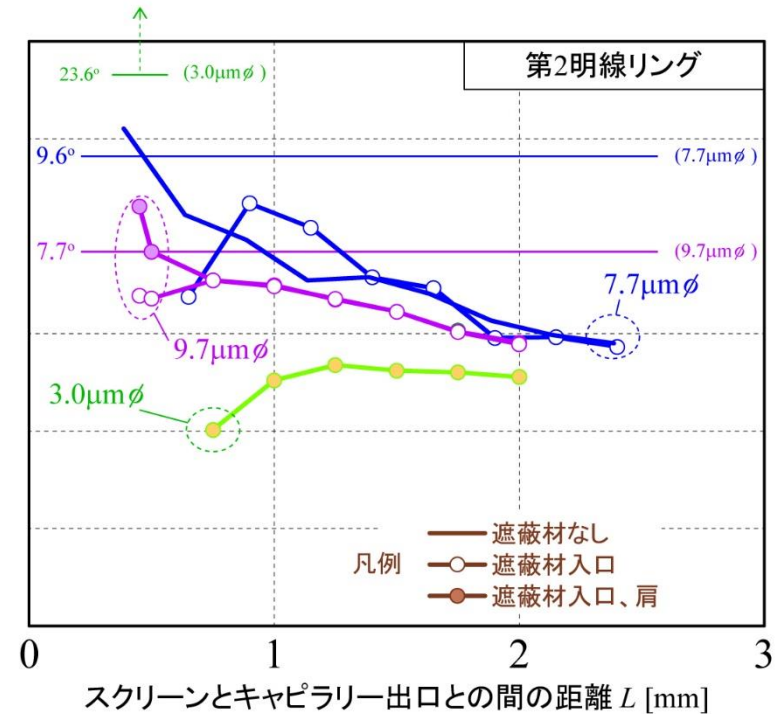
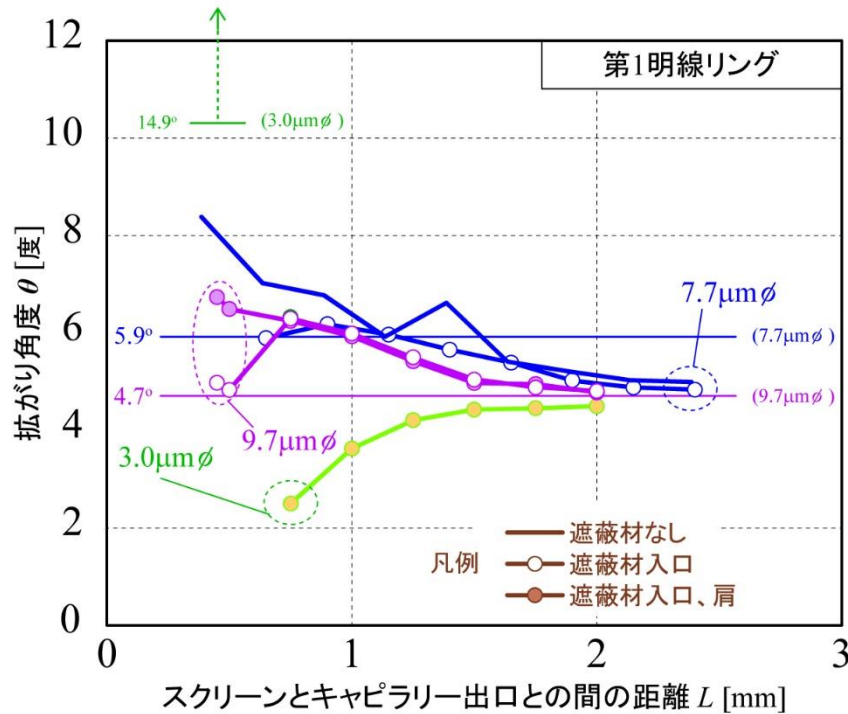
D : 第1暗線リング径
 λ : 波長488 nm
 a : 円形開口直径

リング径から拡がり角への変換



遮蔽材を塗布したキャピラリーは
ビームの拡がりがほぼ一定。

第1・第2明線の角度拡がりのL依存性



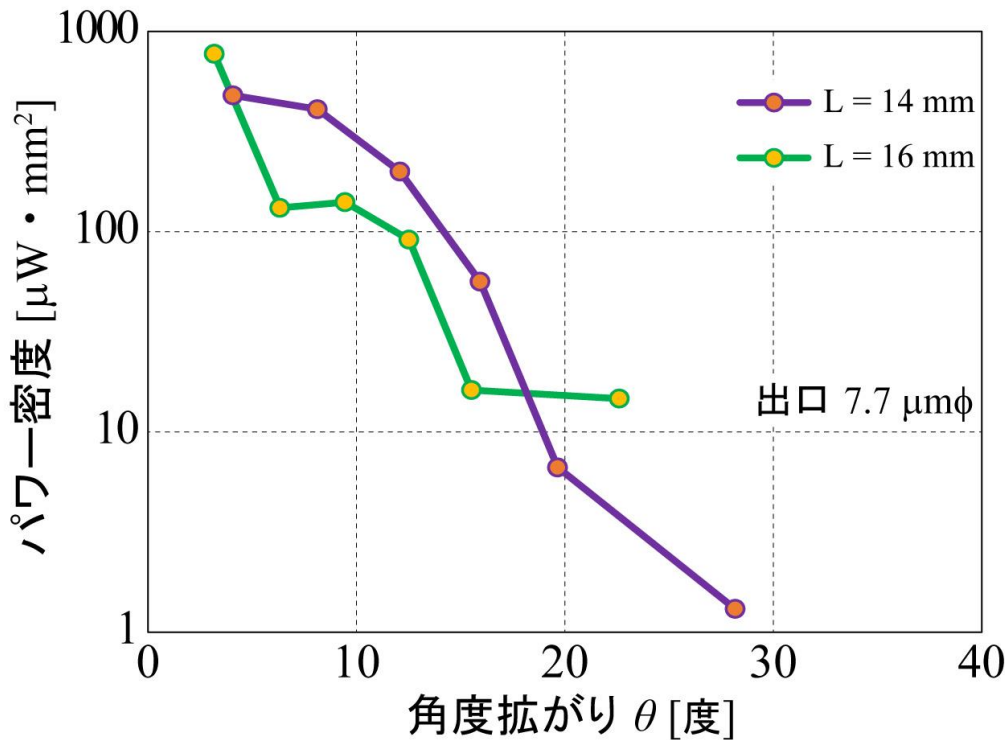
キャピラリーでの第1、2明線の拡がりはフラウンホーファー回折と比べて同等か、小さいという結果になった。

3 $\mu\text{m}\phi$ を除き、 L が小さいところで θ が上昇。

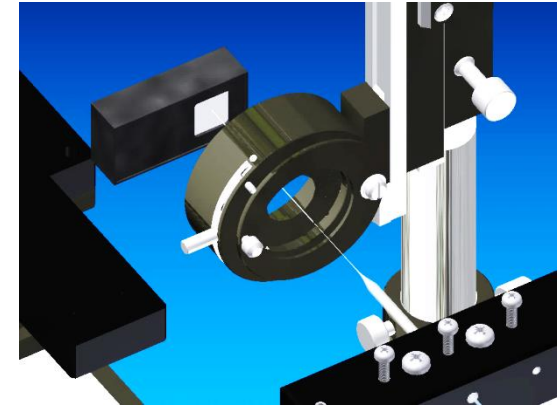
- ・遮光が不十分で異なる距離からのリングが混じていた。
- ・キャピラリー内のビームが平行でなく、フレネル回折の条件が混じているのか。

余分なビーム拡がりである高次のリングの径を抑制できる可能性有り

ビームパワー集中範囲(実用スポット径)測定



ビームの集中範囲(90%)を全パワーの90%をカバーする角度範囲とすると、上図では $\theta \leq 15^\circ$ の範囲。



1 mm 刻みに改良したアパーチャーでビーム径をカットした。

各キャピラリーのビーム集中範囲が評価でき、キャピラリー作製へのフィードバックとなる。

まとめ

- ガラスキャピラリーを用いた細胞照射用レーザーマイクロスポットを高い位置再現性で生成する方法を開発し、マイクロなスケールでのビームプロファイルの測定法も開発した。
- 作製した1次元ビーズアレイによりマイクロな領域でも回折パターンが十分な強度で観測可能であることを示した。
- 作製した2次元ビーズスクリーン上での回折リング径を写真から抽出し、円形開口によるフラウンホーファー回折のリング径と比較し、次のことがわかった。
 - ・第1暗線の径がほとんど同じであった。
 - ・第1明線、特に第2明線リングの径は、フラウンホーファーの場合より小さくなる可能性がある。
- パワーメーターとアパーチャーにより、パワー密度分布を得て、各キャピラリーのビーム集中範囲が測定できることを示した。

今後の展望

- シミュレーション結果と比較する。
- キャピラリーのサンプル数を増やし、パワー密度分布を精度よく測定する。
- フタ付きのキャピラリーで同様の測定を行う。