

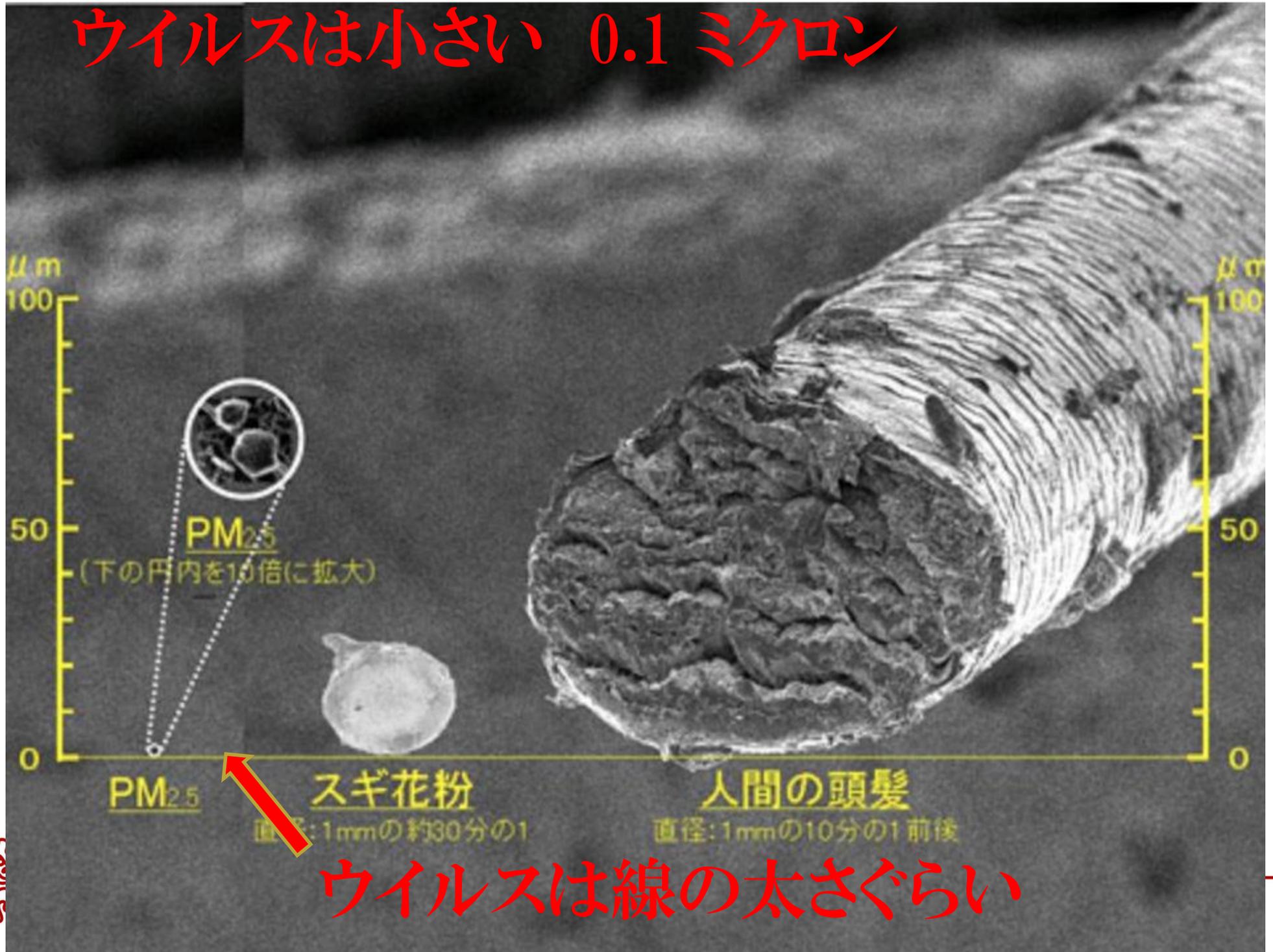
レーザー光干渉によるナノ粒子検出技術、
ウイルス(溶液中、大気中)、PM2.5のリアルタイムモニタリング

教授 新竹 積

沖縄科学技術大学院大学 量子波光学顕微鏡ユニット



ウイルスは小さい 0.1 ミクロン



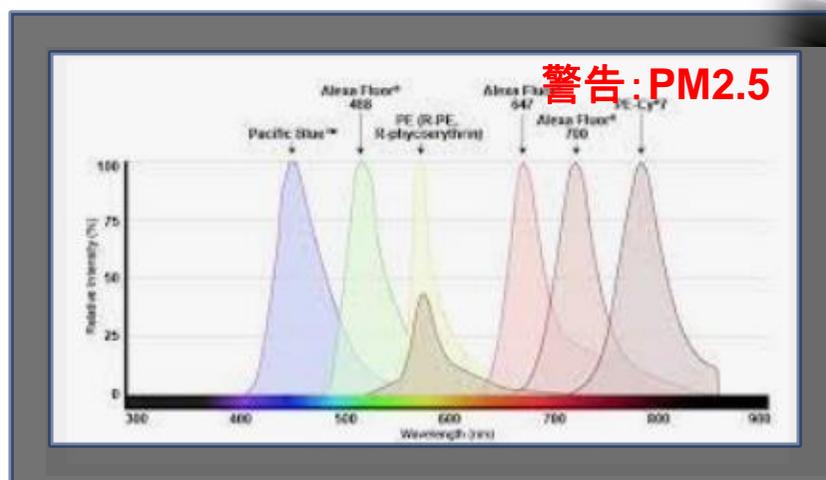
1 近未来の高級車向け 車内空気清浄度表示

車内空調のダスト分布のリアルタイム表示と
空調の制御

- 粒子サイズの表示
- 推定粒子の名前

タバコ、PM2.5、花粉、(ウイルス)

はめこみイメージです



粒子数

粒子サイズ

表示は
はめこみイメージです



2 空気清浄器向け モニターと制御

ダスト分布のリアルタイム表示と空調の制御

- 粒子サイズの表示
- 推定粒子の名前

タバコ、PM2.5、花粉、(ウイルス)



2022年] 加湿空気清浄機のおすすめ8選 シャー...
biccamera.com



2022年最強] 高級空気清浄機おす...
rank-king.jp



Shelly Hair&Make:最高級...
shelly.naganoblog.jp



Airdog X5s
2022年最強] 高級空気清浄機...
rank-king.jp



高級加湿器おすすめ5選 | イ...
monoreco.ameba.jp



2022年最強] 高級空気...
rank-king.jp



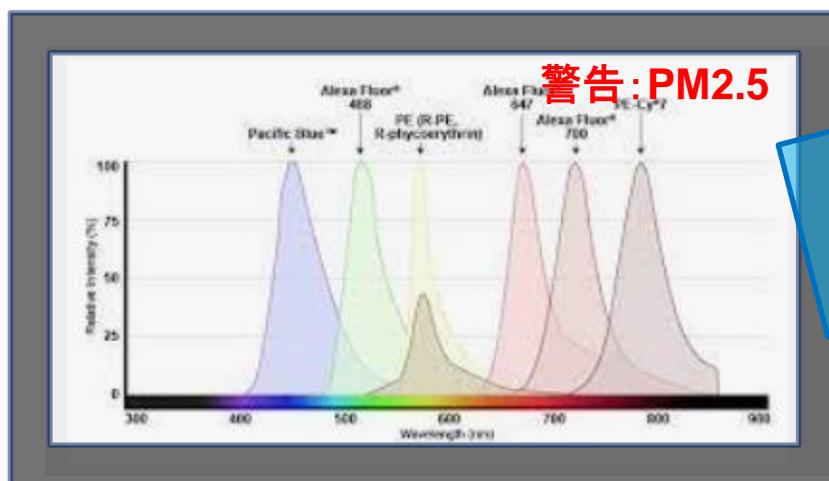
2022年] シャープの空...
osusume.mynavi.jp



SHARP - 激安!最高級SHARP...
item.fril.jp - 在庫あり



高級加湿器おすすめ5選...
monoreco.ameba.jp



粒子数

粒子サイズ

表示は
はめこみイメージです



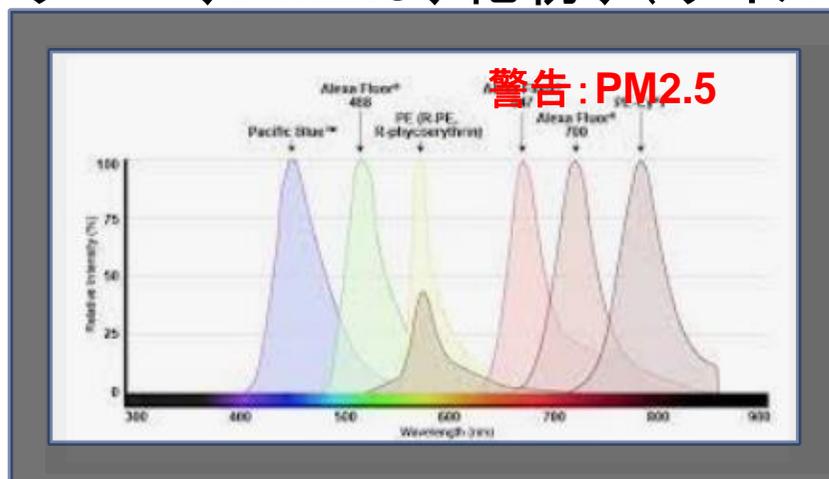
3 フライト客室、新幹線、 オフィスビル、コンサートホール、 レストラン等

ダスト分布のリアルタイム表示

- 粒子サイズの表示
- 推定粒子の名前

タバコ、PM2.5、花粉、(ウイルス)

粒子数

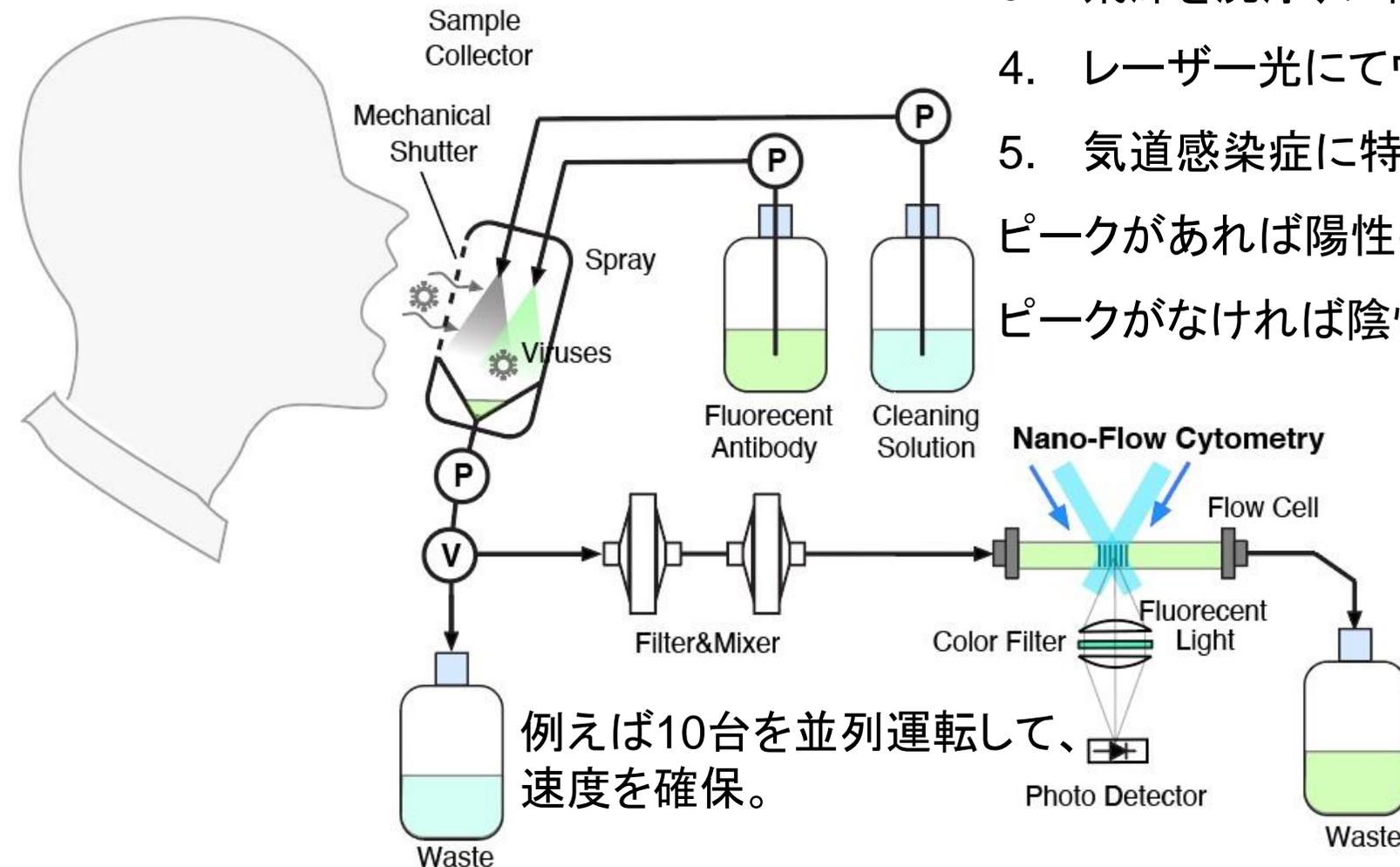


粒子サイズ



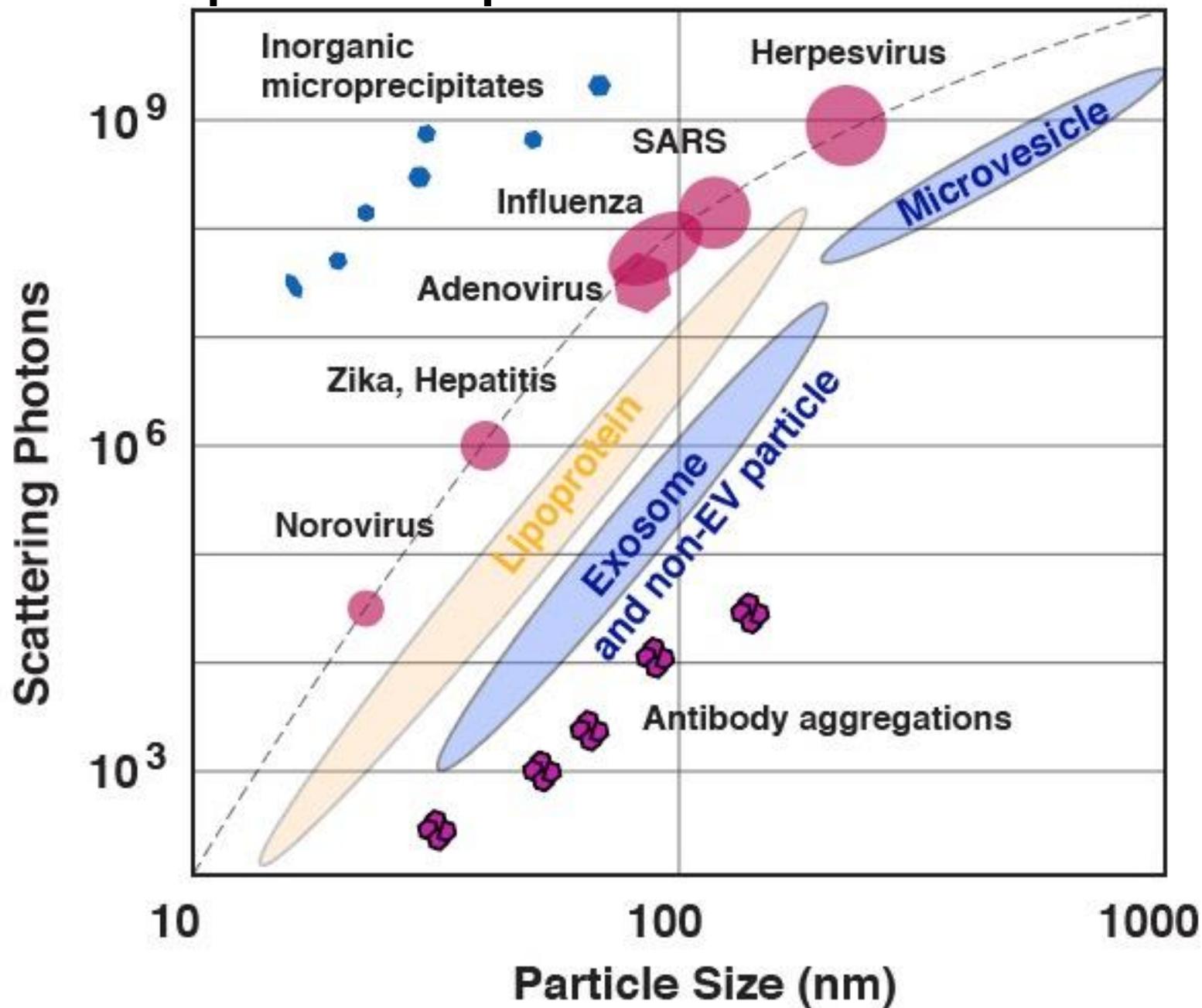
4 空港検疫 (COVID-19, Influenza) 10秒以内で判定

1. マイク状の収集器の前で声をだす。
2. 飛沫に乗ったウイルスが収集器にて回収
3. 飛沫を洗浄、フィルターを通し
4. レーザー光にてウイルスをカウントする。
5. 気道感染症に特徴的な100nm直径付近にピークがあれば陽性の可能性あり。PCRへピークがなければ陰性。搭乗口へ



ウイルス検出(蛍光ラベルも可能)

Important bio-particles of nano-meter size.

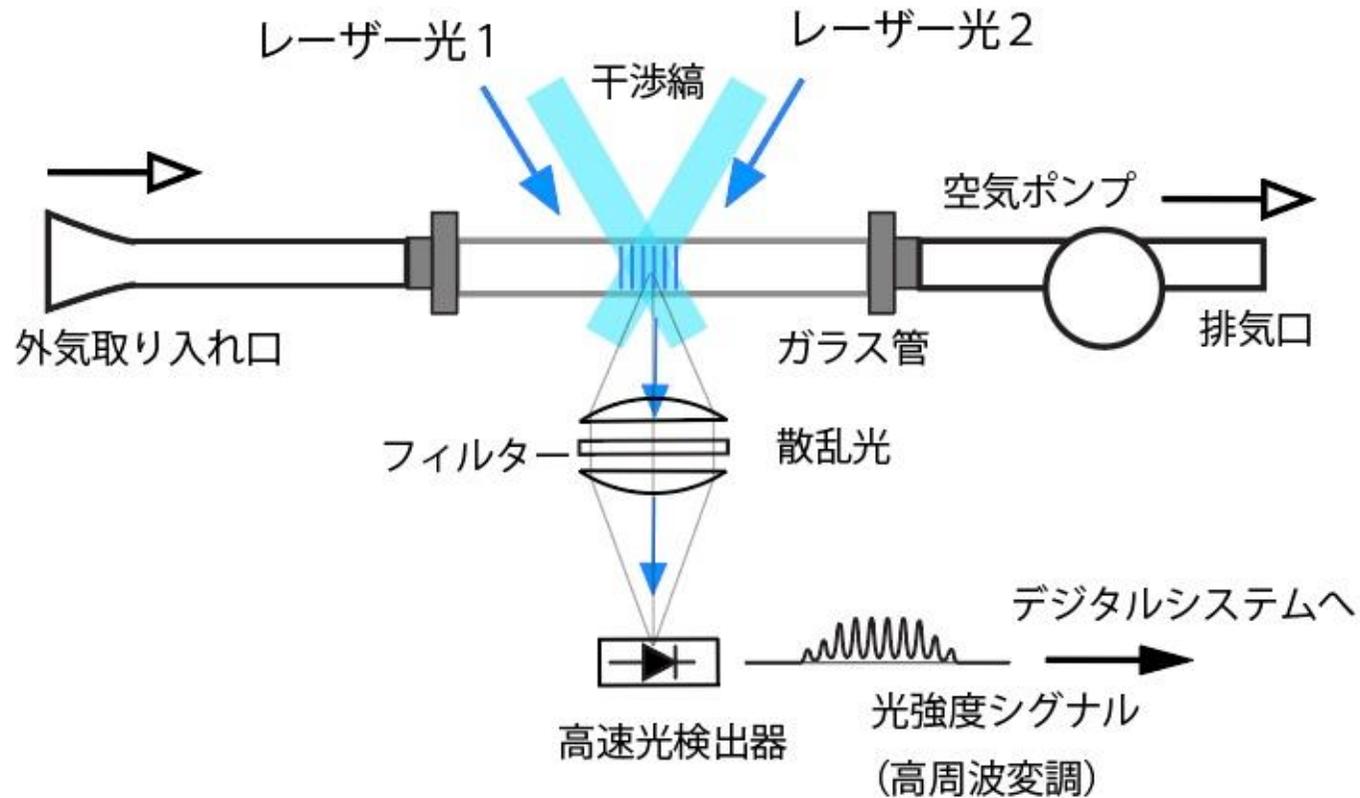


動作原理と特徴：レーザー干渉縞による単粒子検出法

- 経年変化、レーザーパワーの減少、目詰まり、レンズのゴミ付着などに、影響されにくい
- メンテナンスフリー（ただしウイルス検出機能を使用しない場合）
- ウイルス検出機能は、蛍光ラベルや洗浄バッファ、フィルターなど週単位の交換が必要となる（空港検疫モデル）。
- 粒子サイズが長年安定（干渉縞の幅が安定）
- 粒子1個からカウントできる。
- 高速：毎秒 最高10,000カウントが可能。
- リアルタイムである。
- 粒子分布をライブ動画としてWeb配信可能。



高速粒子検出器

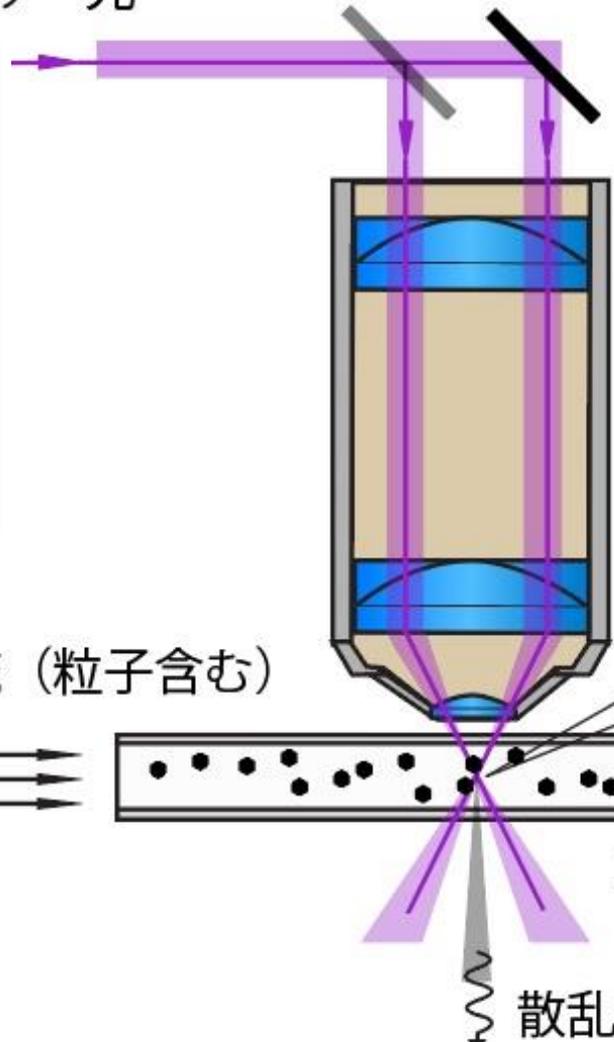


T. Shintake, "Proposal of Absolute Nanometer Size Measurement
in Flow Cytometry Based on Laser Interferometry" ,
doi.org/10.48550/arXiv.2105.11542, 21 May 2021

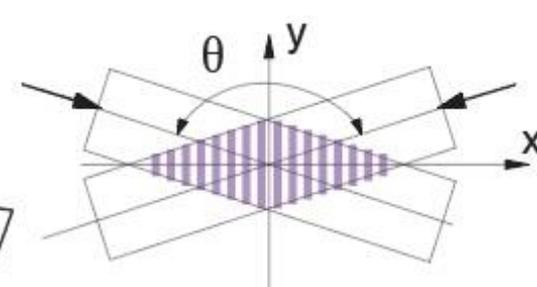


比較的安価な、構成部品

レーザー光



干渉縞



気流 (粒子含む)

ガラス管

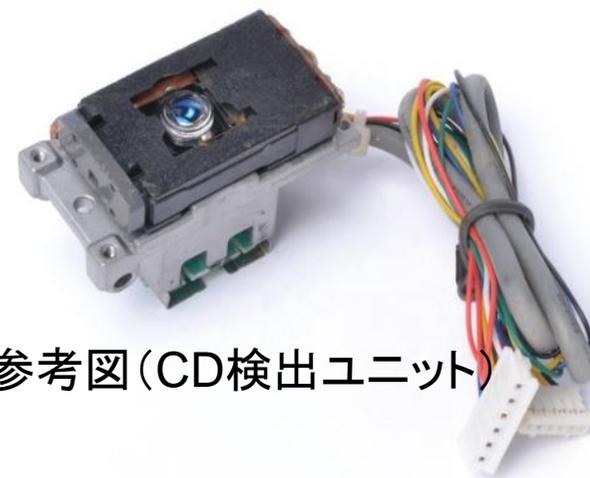
散乱光

APD

高速光検出器

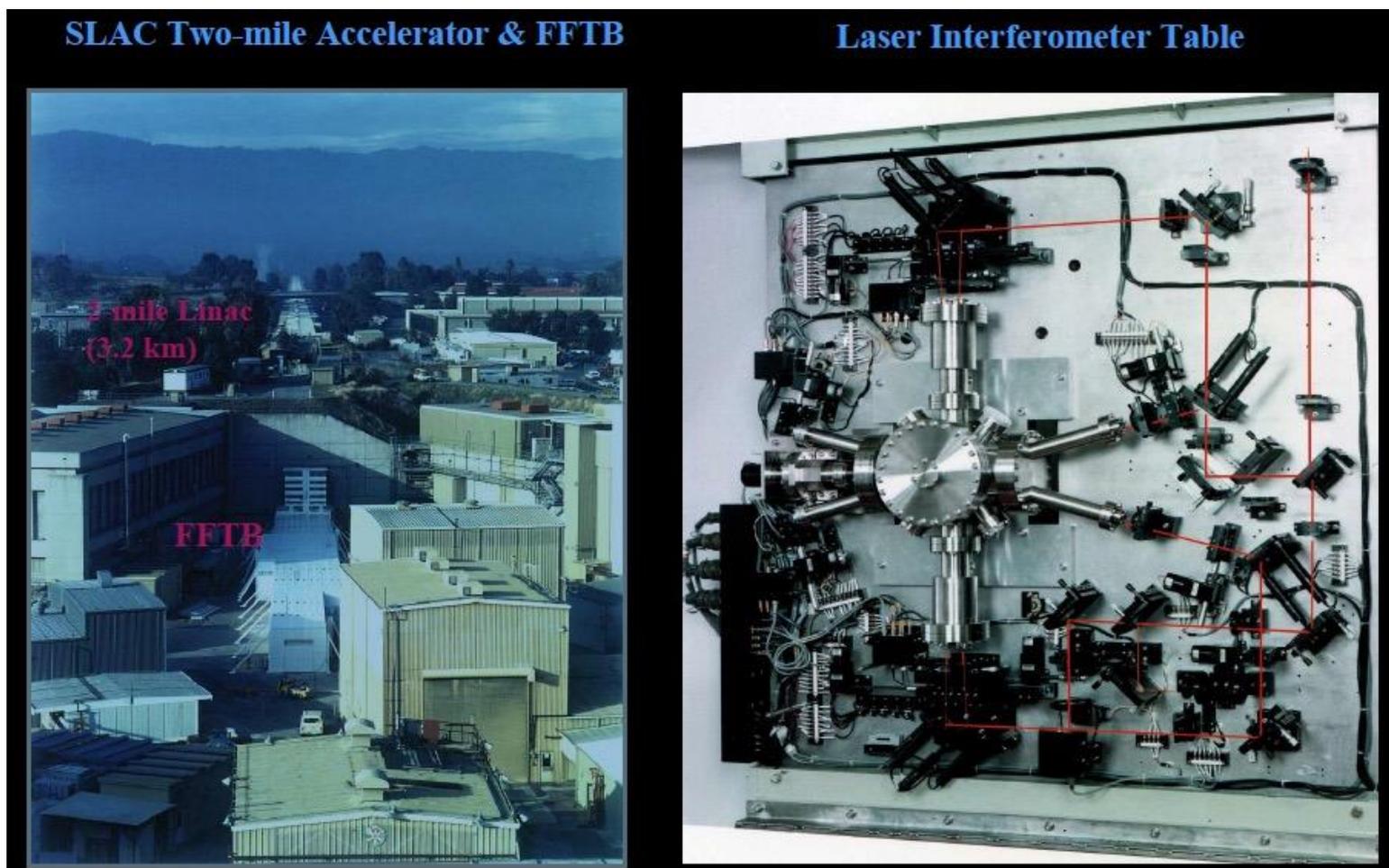
光強度シグナル
(高周波変調)

参考図 (CD検出ユニット)



1990年代、スタンフォード大学にて原理は実証済み

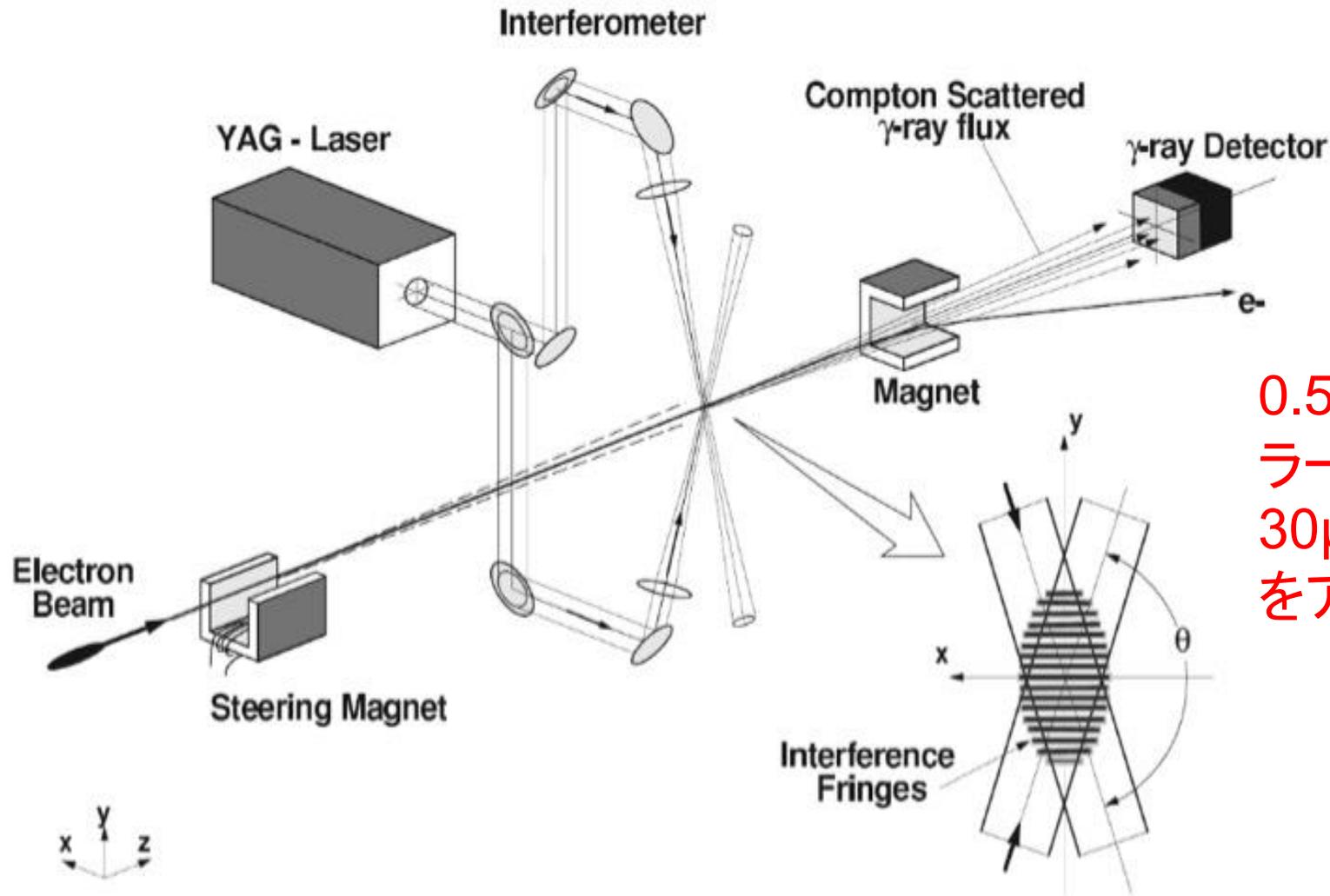
- 1992年、スタンフォード大学の高エネルギー加速器で、レーザー干渉効果を利用して60ナノメートルの電子ビームサイズを測定する「新竹モニター」を発明。
- 同じアイデアをフローサイトメトリーにも応用。(基本的な物理的概念は同じだが、動作原理が異なる)。



背景

新竹モニターの原理

- 2本のレーザー光を交差角度をつけて重ね合わせることで干渉縞を作り、その干渉縞に電子ビームを通し、コンプトン散乱されたガンマ線フラックスをパルス毎に測定。



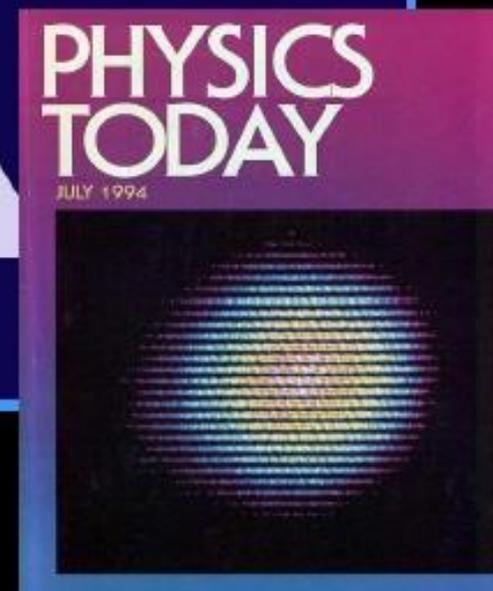
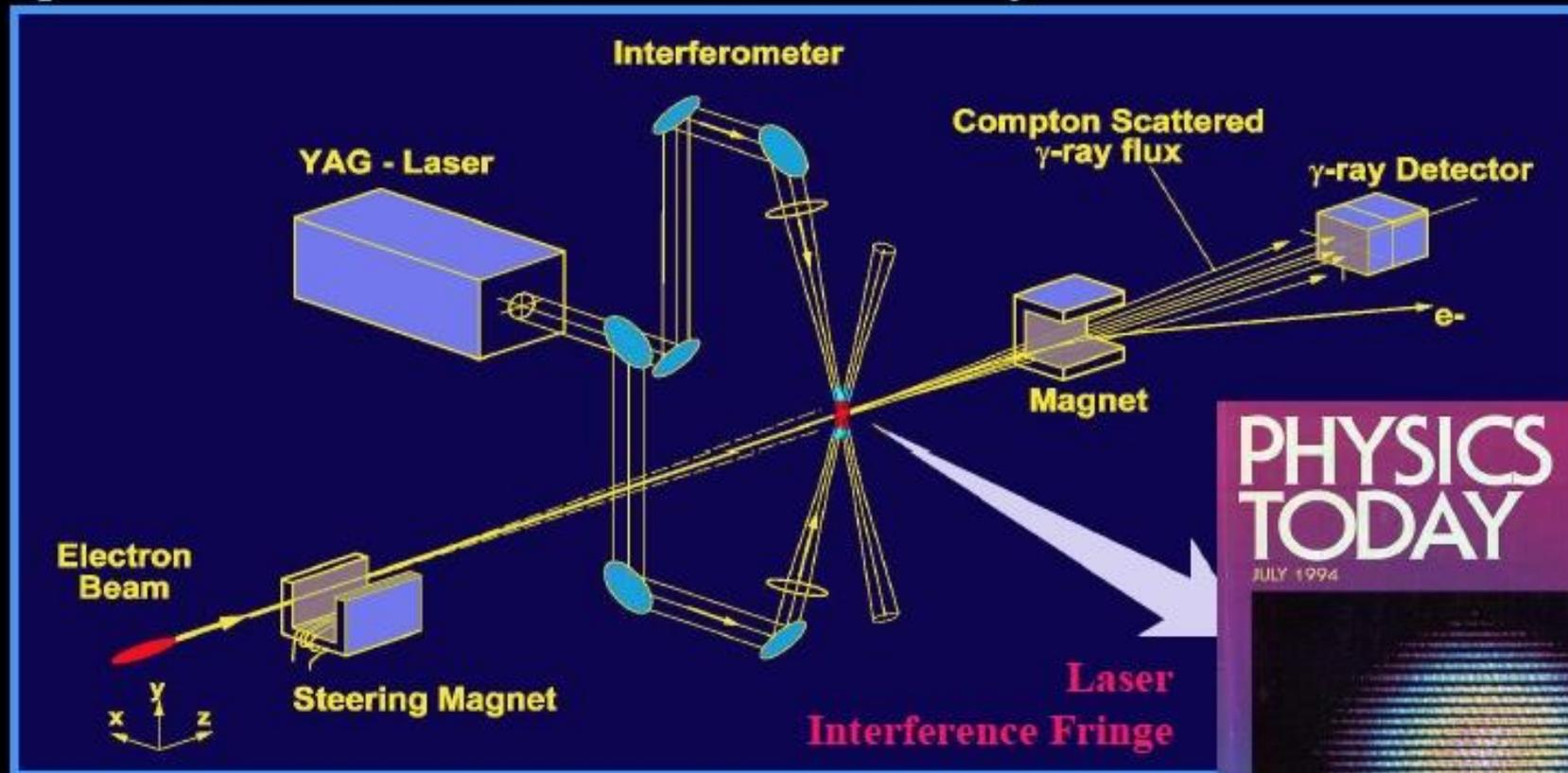
0.5m離れたミラーを調整し、
30 μ mのスポットをアライメント

Figure 1: System diagram of the spot size monitor.

Nanometer Beam Size Measurement

e+e- Linear Collider R&D

Spot-size Monitor based on Laser Interferometry



T. Shintake 1990

70 nmの電子ビーム幅を計測できた。

- 電子ビームを干渉縞に沿って通す。
- 電子ビームが明るい(暗い)ゾーンに来ると、ガンマ線が高く(低く)なる。
- 電子ビームを干渉縞に沿って走査し、強度の変調を観察。
- 変調の大きさから、電子ビームサイズを決定。

Measured data at FFTB SLAC Stanford.

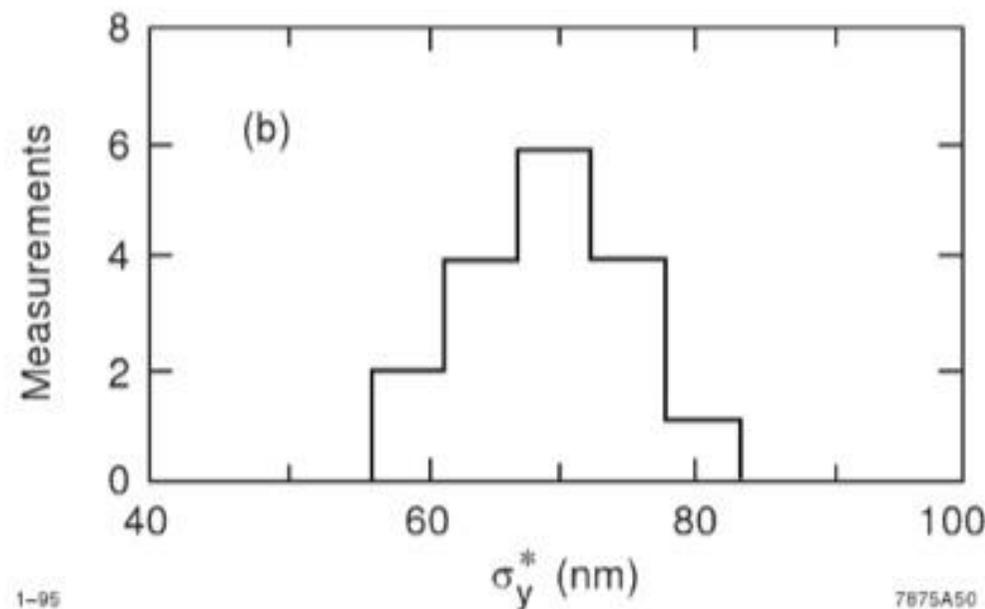
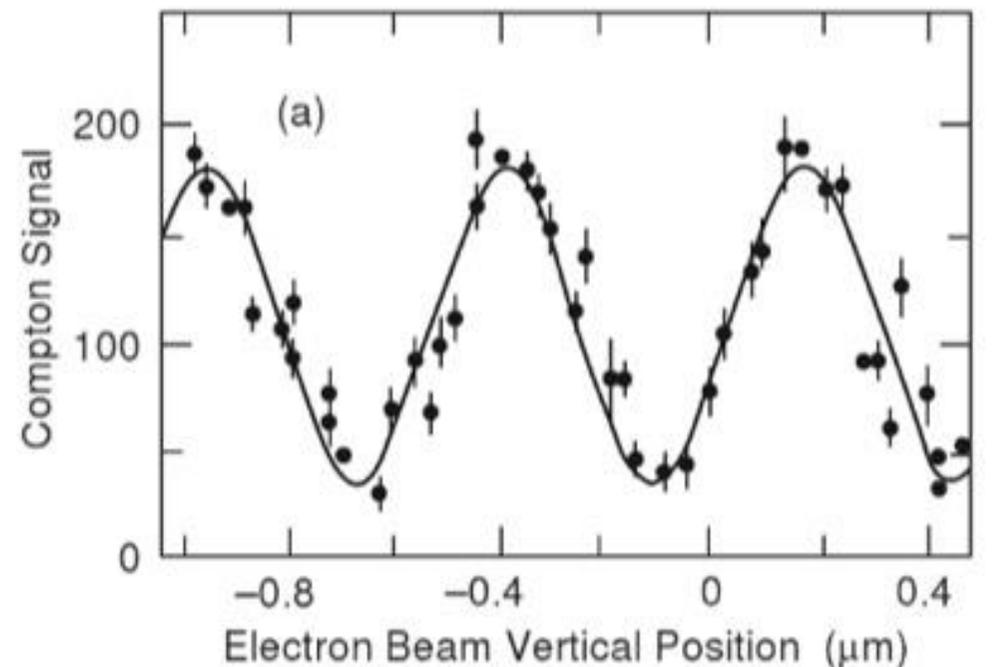
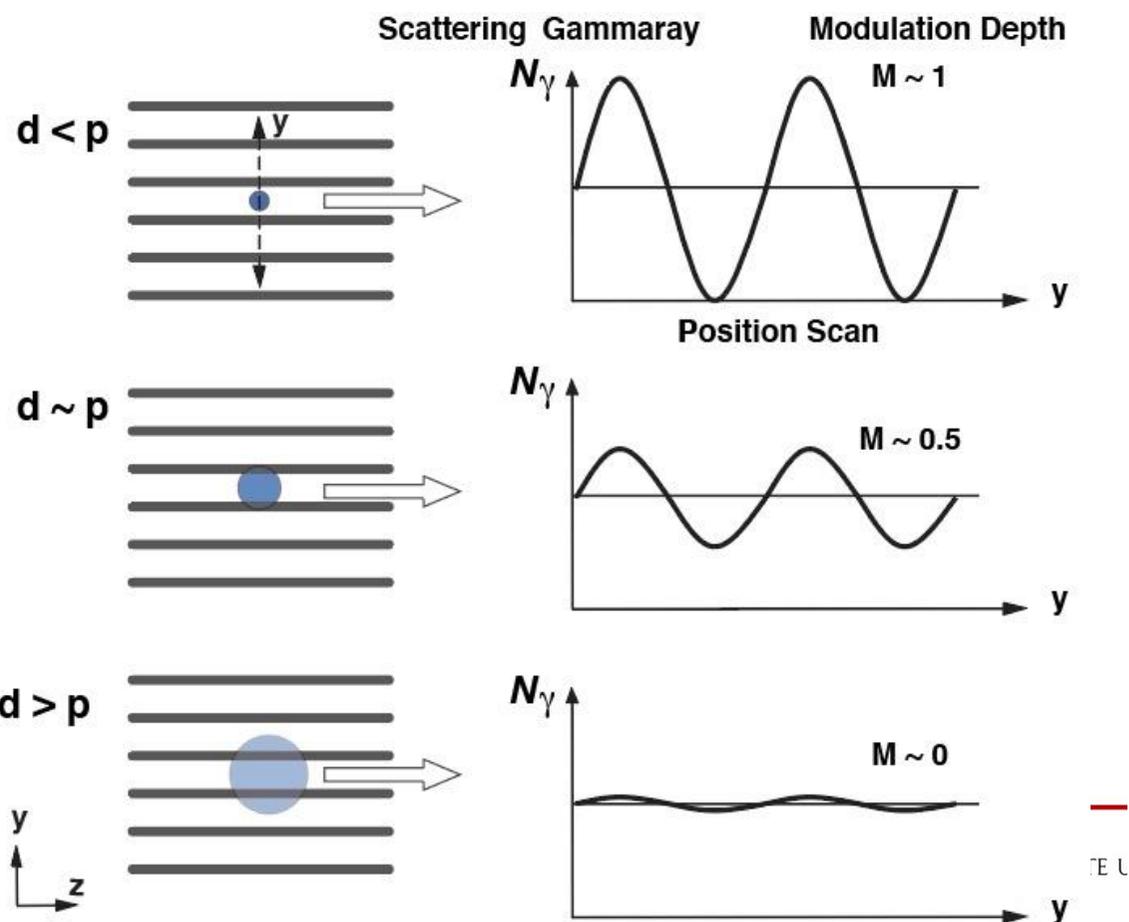
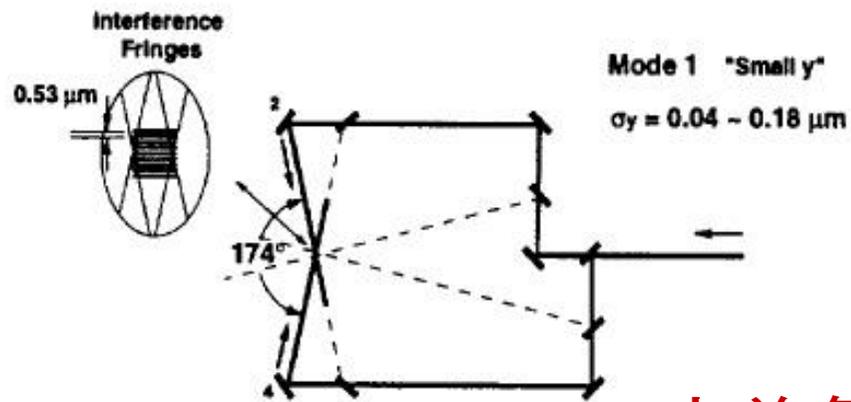
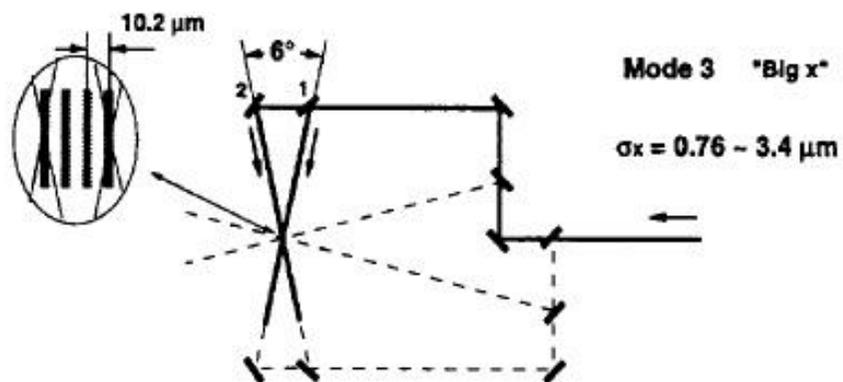
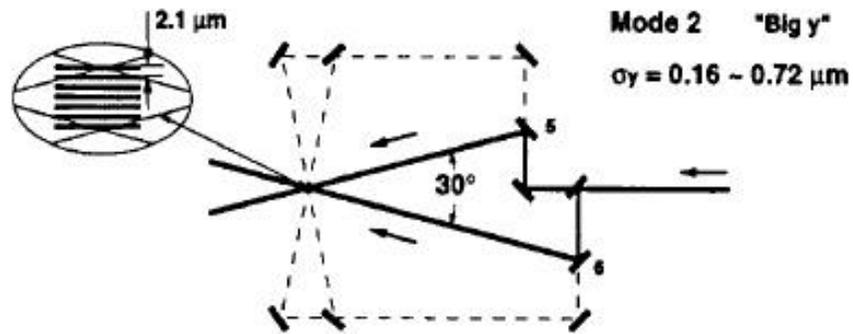


Figure 2: Example measurement and analysis.



交差角度を変えると、ピッチが変わる



Operation Modes
of Laser-Compton Spot Size Monitor

検出感度のグラフ

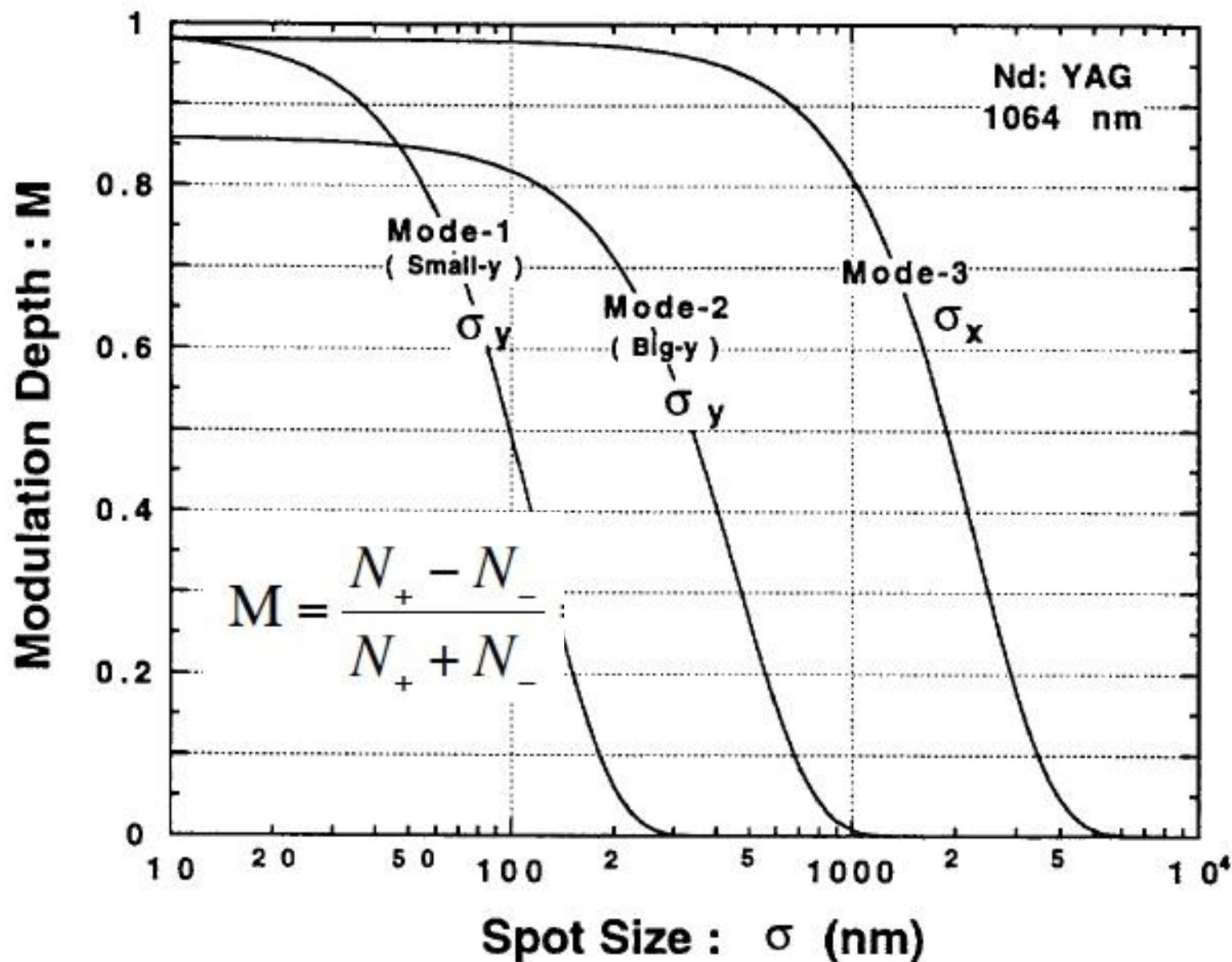


FIGURE 5. Spot size response curve for three measurement modes calculated by Eq. 7.

交差角度を変えると、ピッチが変わる

$$p = \frac{\lambda_0}{2n \sin(\theta/2)} \quad (\text{same as resolution})$$

Wavelength in air

Fringe pitch
Zero to zero,
or peak to peak distance

Refractive index
of flow medium
water = 1.33

Laser crossing angle



検出できる粒子サイズ(PM2.5、花粉などをカバー)

Laser Type	Wavelength (nm)	Crossing Angle (deg) water immerse	Fringe Pitch (nm)	Working Particle Size (nm)
Green	532 nm	180 deg (cavity type)	200 nm	40 ~ 280 nm
--	--	160 deg (prism coupling)	203 nm	41 ~ 284 nm
--	--	120 deg (lens NA=1.15)	230 nm	46 ~ 322 nm
--	--	90 deg (lens NA = 0.94)	282 nm	56 ~ 395 nm
		30 deg (lens NA = 0.34)	773 nm	154 ~ 1082 nm

$$NA = n \sin \theta \quad \text{half angle}$$



干渉縞は非常に安定
半透過ミラーにエラーがあっても現実には問題ない。

(b) Power Imbalance of Laser Beams

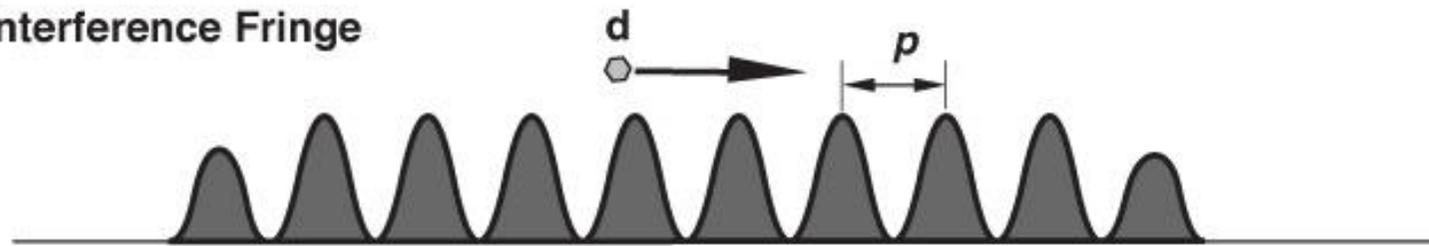
In a practical spot size monitor, the two laser beams do not always have the same intensity because of imperfections in the mirror coating. This imbalance causes the contrast of the interference fringe to drop below 100%. The fringe contrast is given by

$$C_p = \frac{2\sqrt{P_2/P_1}}{1 + P_2/P_1} \quad (11)$$

where P_2/P_1 is the power ratio of the two laser beams. Equation 11 indicates that the fringe contrast maintains an almost perfect value (= 1.0) over a wide range of power imbalance. This is an important feature of the spot size monitor. Thanks to this phenomenon, the spot size monitor can create a high contrast fringe and measure the spot size with high accuracy.



Interference Fringe



Optical Signal

Small Size Particle

$$d \ll p$$



High Modulation

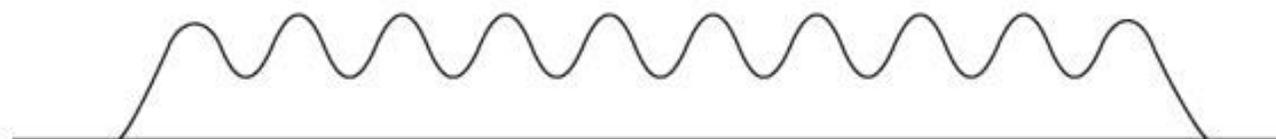


Middle Size Particle

$$d \sim p$$

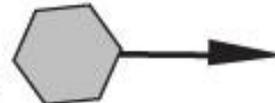


Medium Modulation



Large Size Particle

$$d \gg p$$

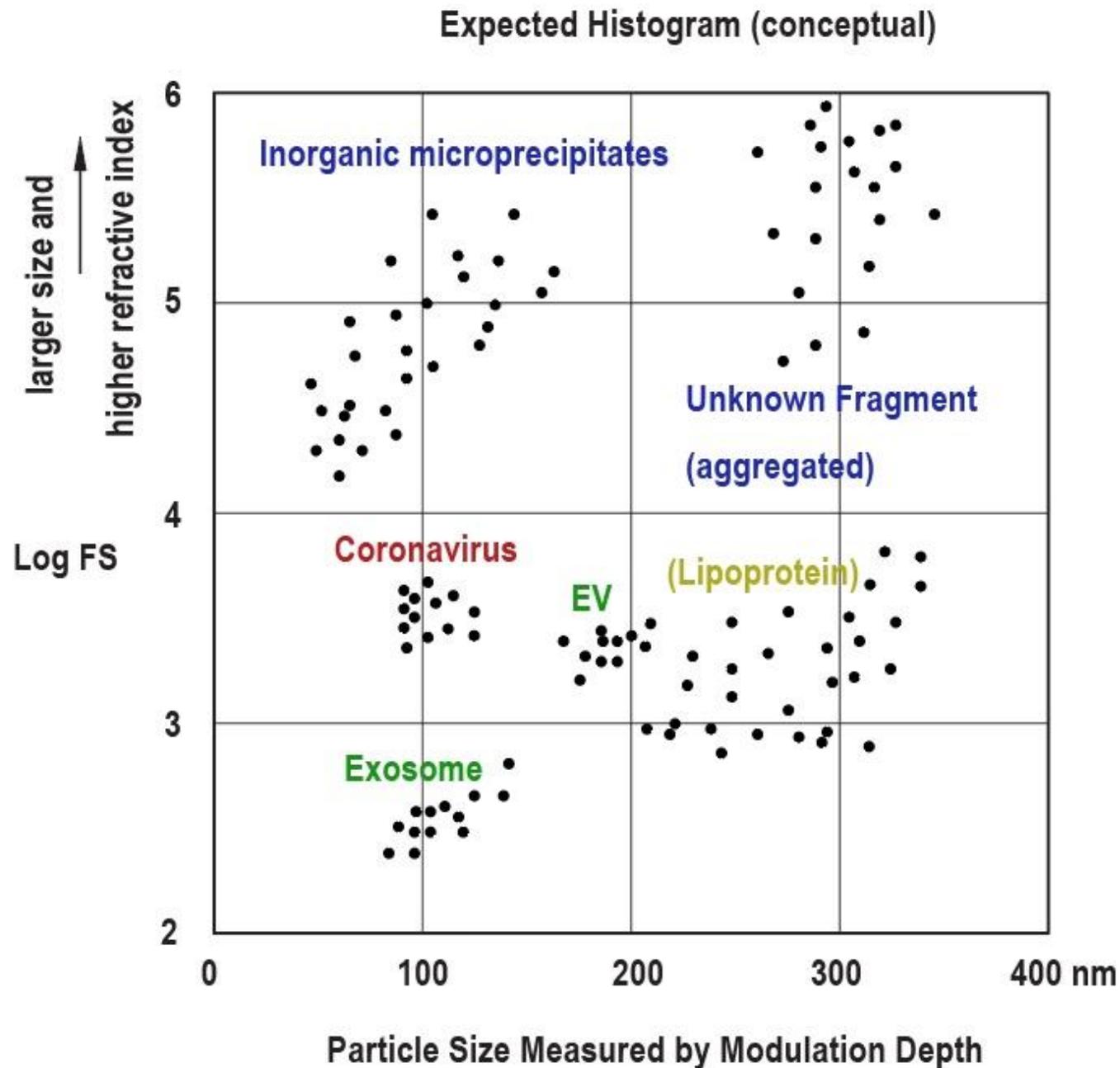


Small Modulation

Large average signal

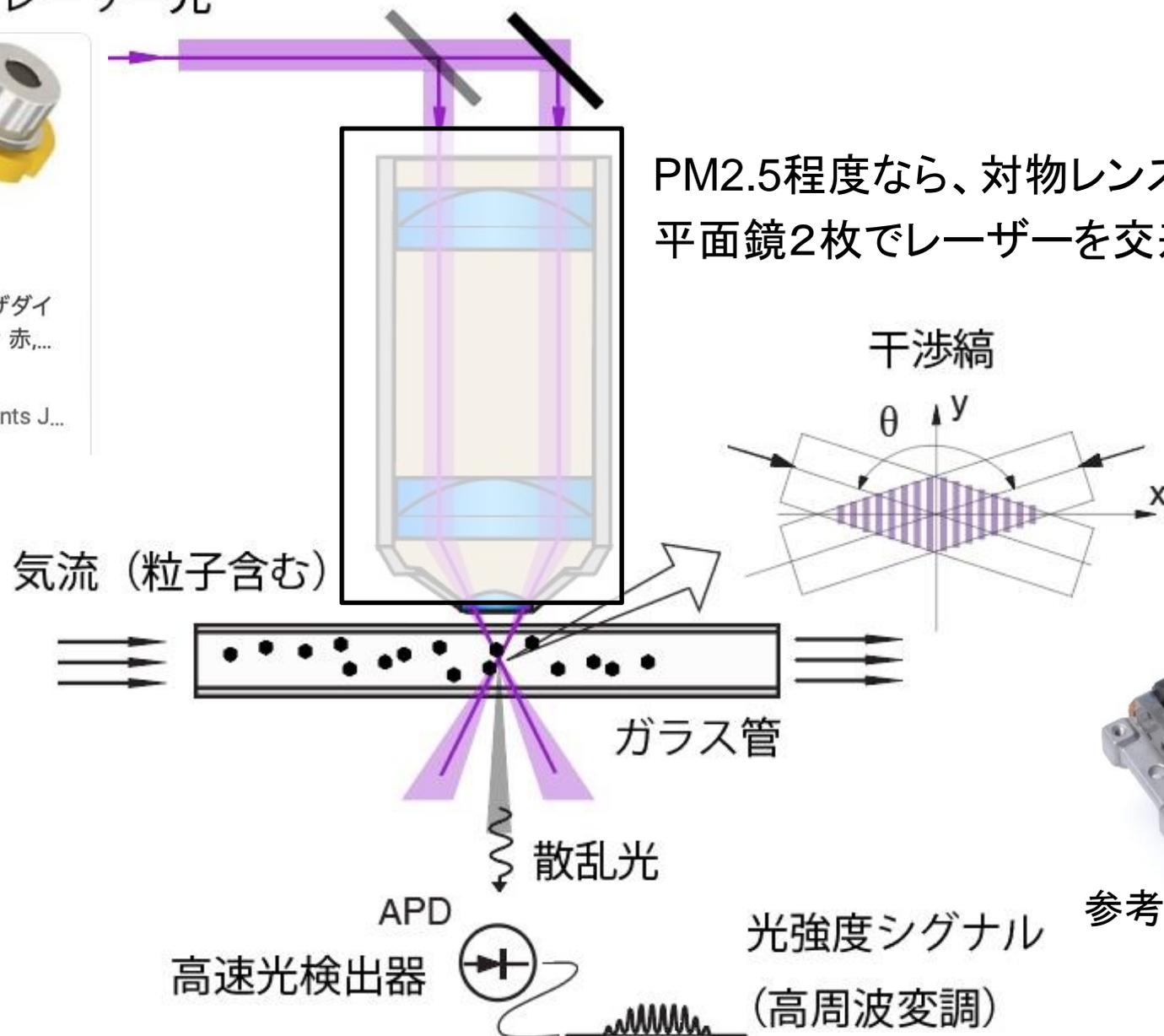


散乱光の強度と、変調の2次元プロットが便利



比較的安価な、装置で、ミクロンからナノメートルの粒子が検出できる。

レーザー光



特許

発明の名称 : レーザ干渉型フローサイトメトリー装置

出願番号 : 特願 2021-167409

出願人 : 沖縄科学技術大学院大学(単独)

発明者 : 新竹積(教授)



お問い合わせ先

沖縄科学技術大学院大学(OIST)
技術移転セクション

TEL : 098-966-8937

E-mail : tls@oist.jp



OIST

OKINAWA INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY GRADUATE UNIVERSITY
沖縄科学技術大学院大学