

22 December, 2016

真空中の孤立単一ナノ粒子の観測技術

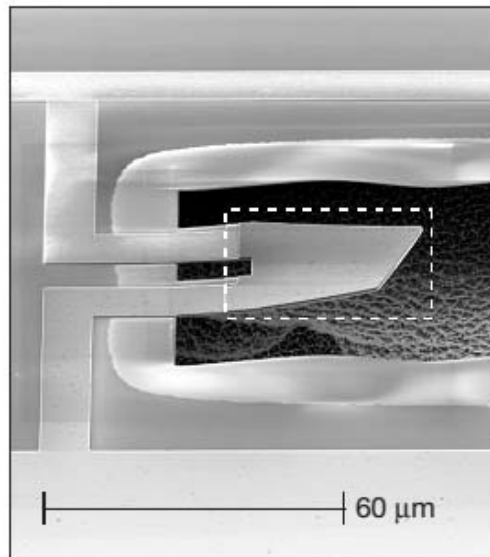
相川 清隆

東京工業大学

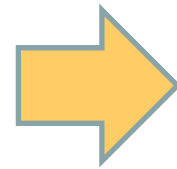
研究の背景

オプトメカニクス: 巨視的物体の運動を光で制御し、その量子性を追究

微小な機械振動子

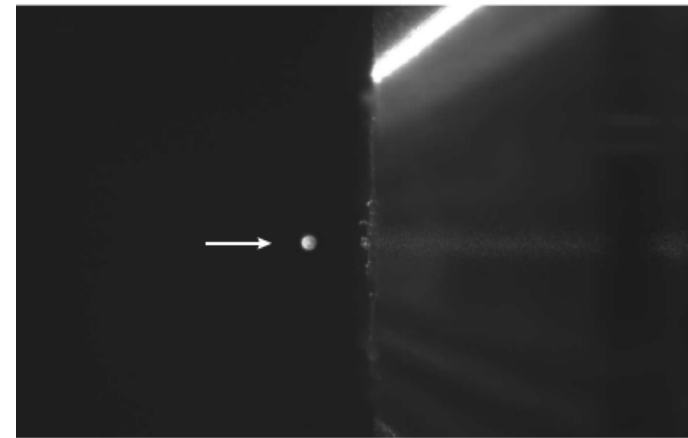


Nature 464, 697 (2010)



接点をなくし、より
高いQ値を得る

レーザー捕捉されたナノ粒子



Phys. Rev. Lett. 109, 103603 (2012)

重心運動: $\nu \sim 60$ ($\sim 0.4\text{mK}$)

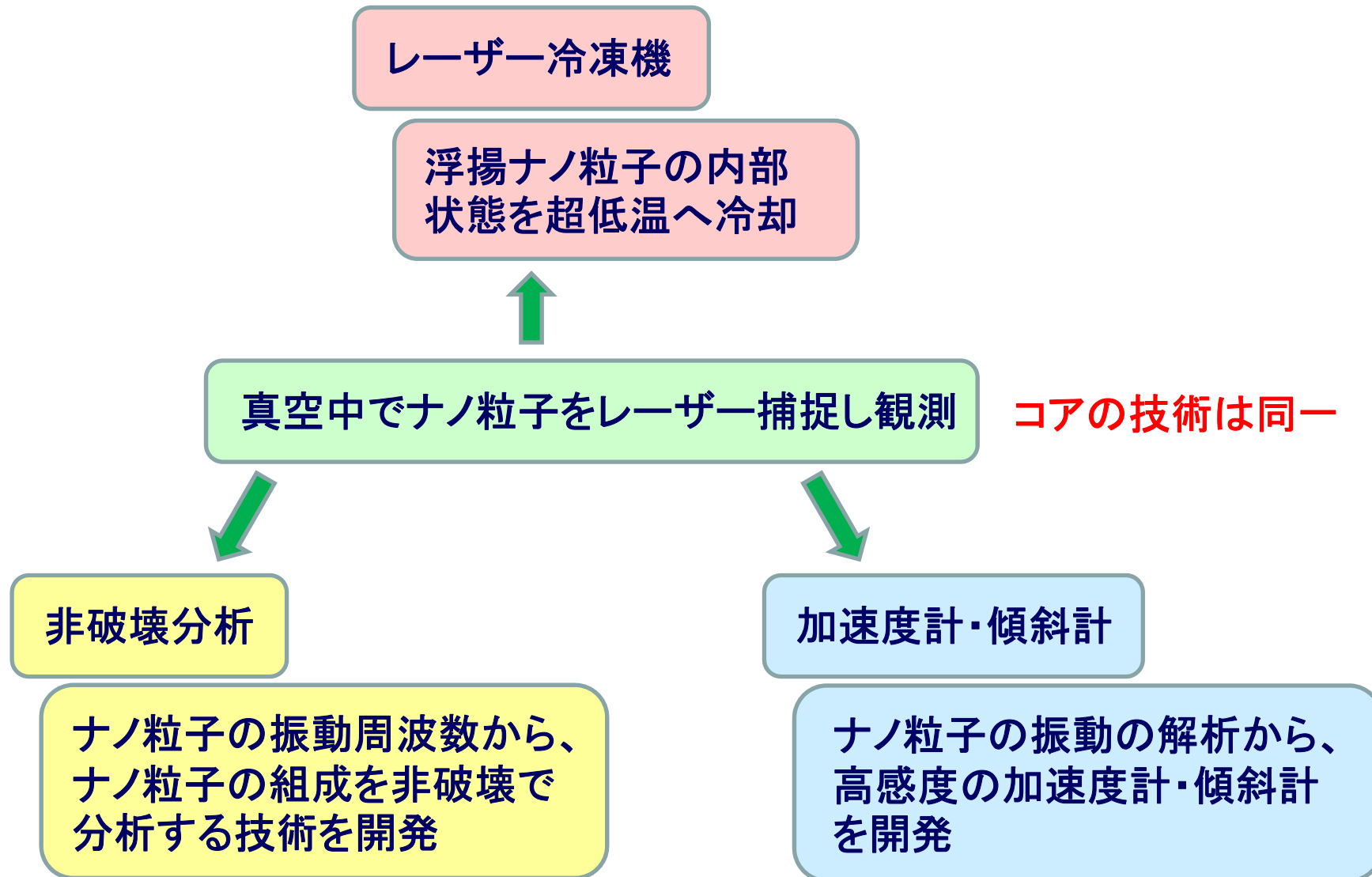
$10^7 \sim 10^{11}$ という高いQ値

環境から極めてよく隔離

振動の量子基底状態 ($\nu=0$) に到達

目標: 微弱な力の測定やマクロな物体の量子状態の制御

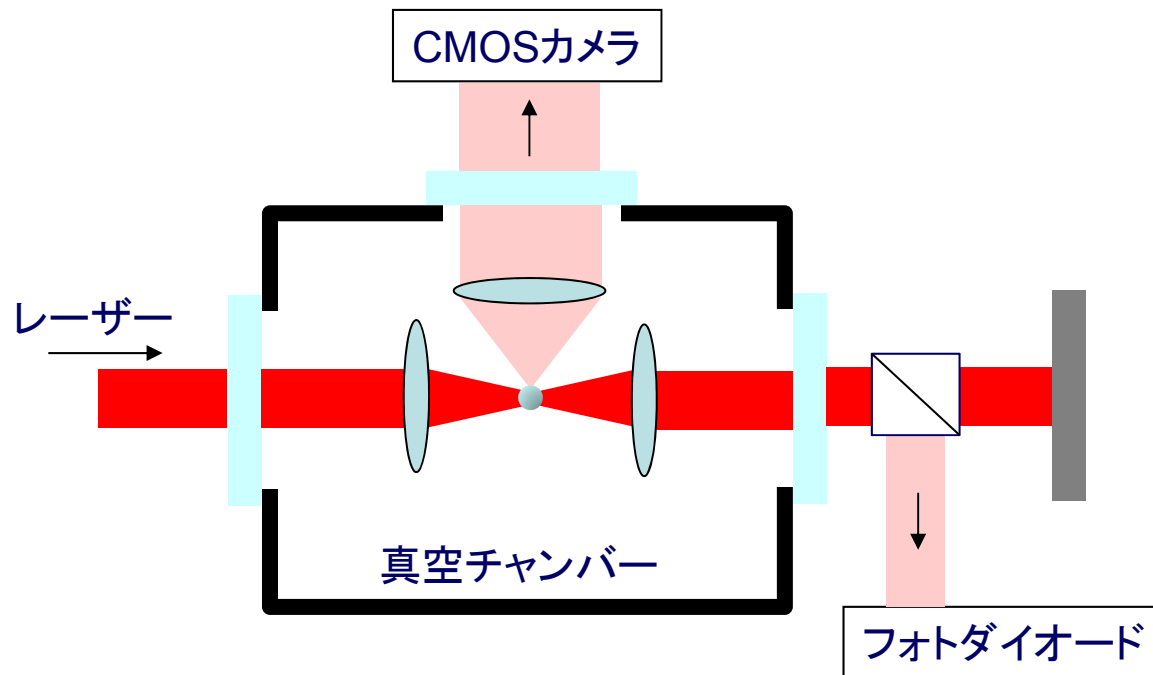
当研究室で進めるテーマ



実験装置の概要

観測手段1:カメラ

(粒子の大まかな位置や個数の確認)

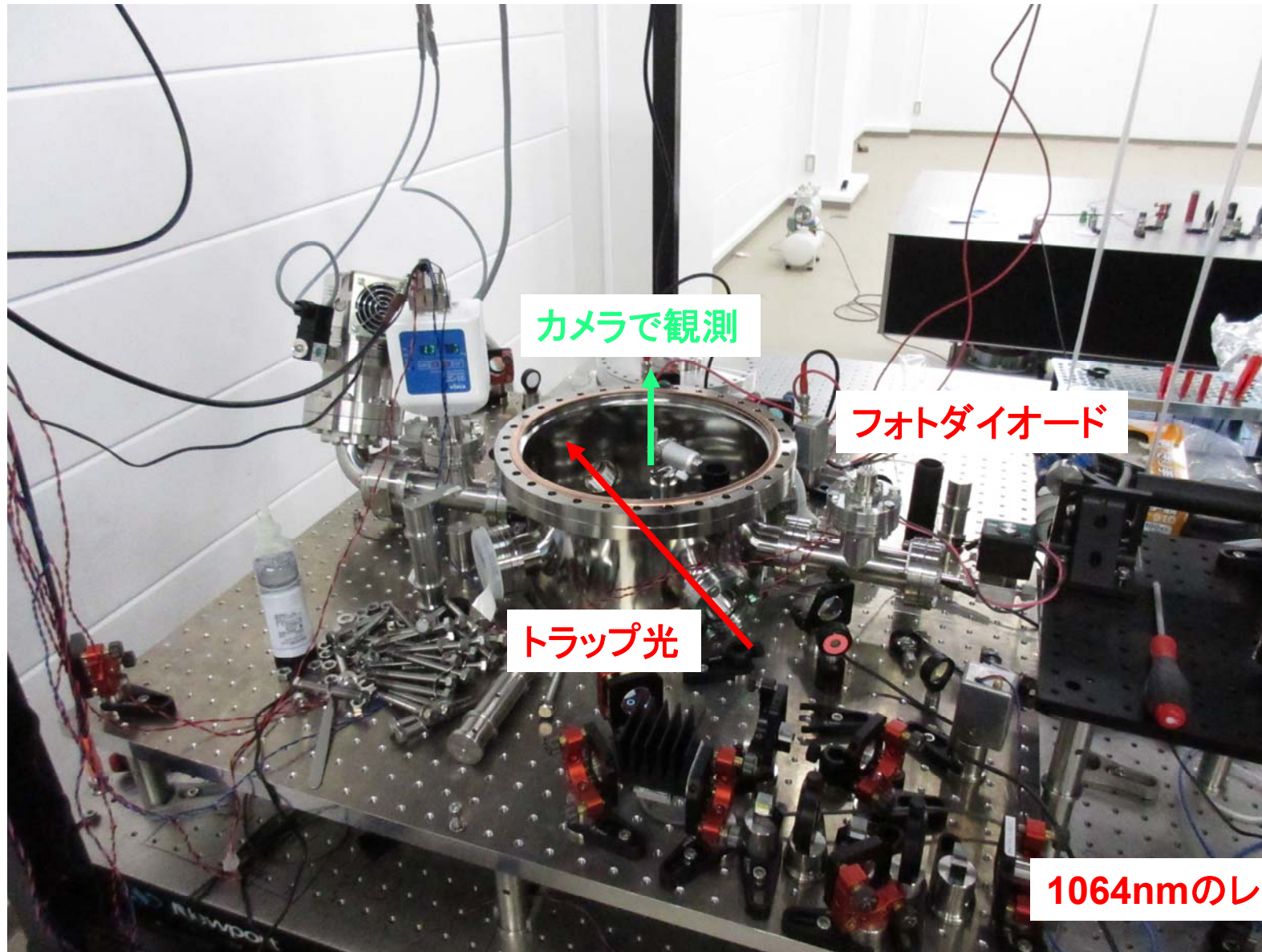


観測手段2:フォトダイオード

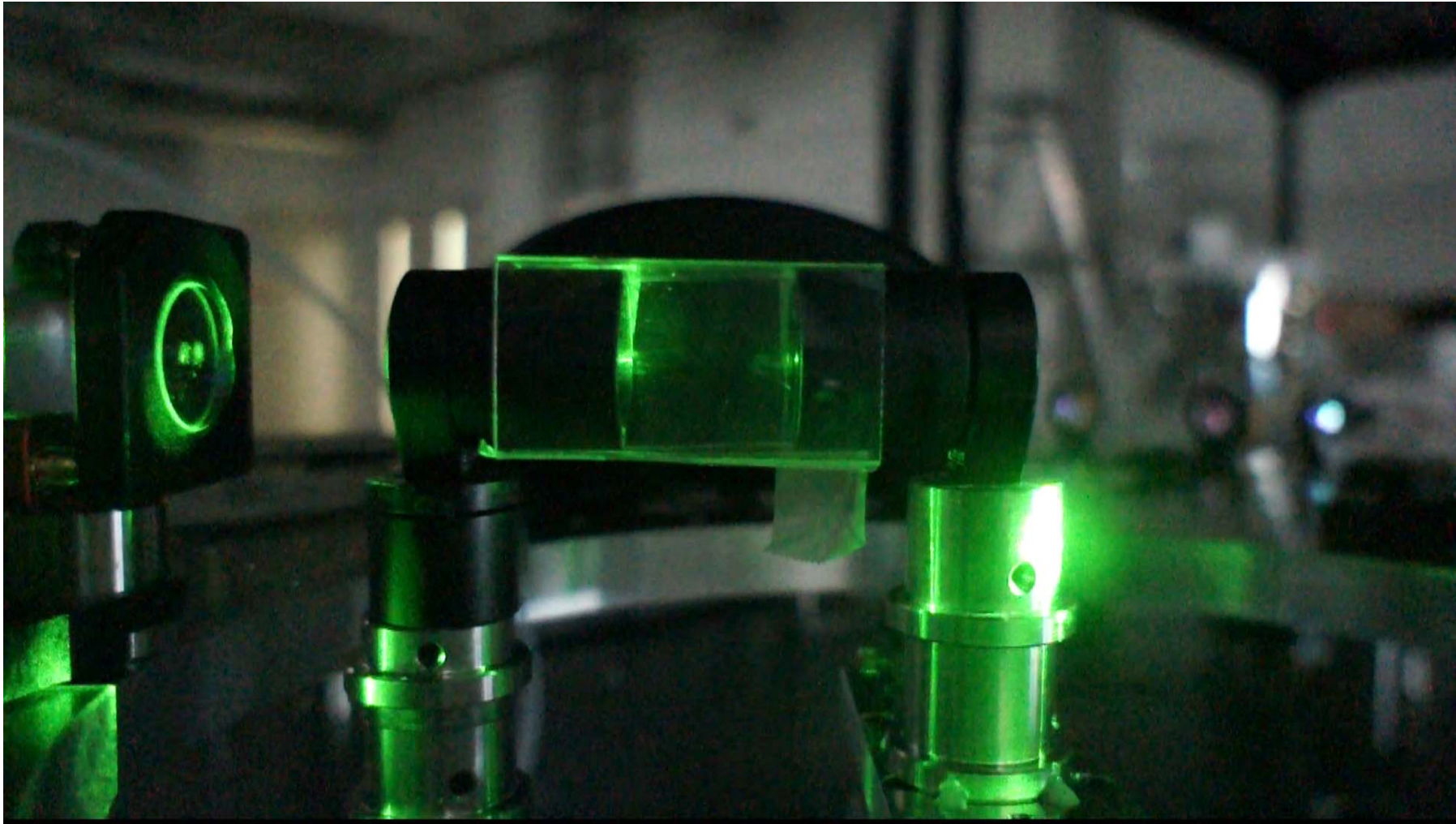
(粒子の運動の観測)

いずれの場合も粒子からのRayleigh散乱光を観測

実際の実験装置



ナノ粒子捕捉実験の様子



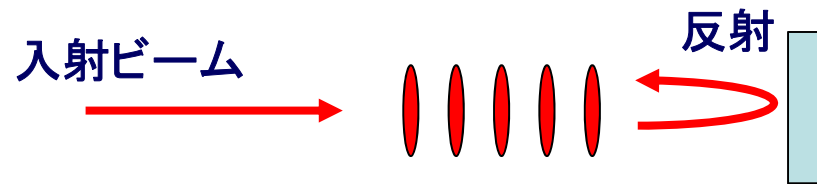
トラップ光: 1064 nm (不可視), イメージ光: 532 nm

直径100nm程度のSiO₂のナノ粒子を捕捉

カメラでの観測

単一周波数レーザーを打ち返し、干渉させることで、光格子を形成

→ 打ち返さない場合より安定して捕捉可能

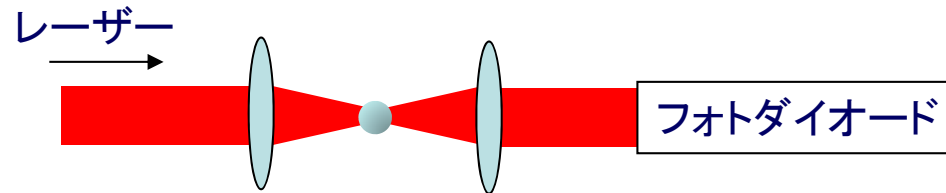


複数粒子が捕捉される様子を観測

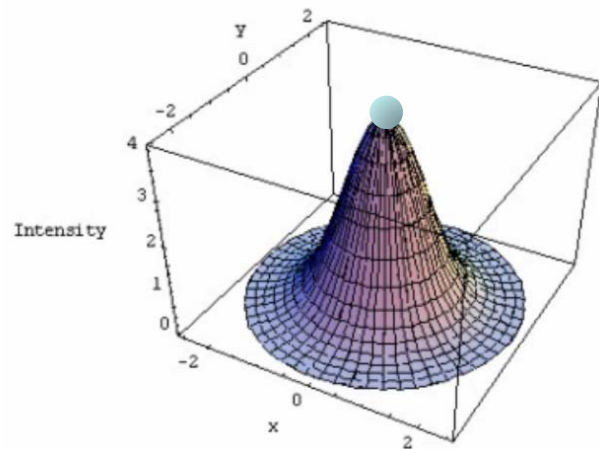
粒子の微小な運動の観測には適さない



フォトダイオードでの観測



粒子により位相のずれた光と、粒子に影響を受けなかった光が共に入射



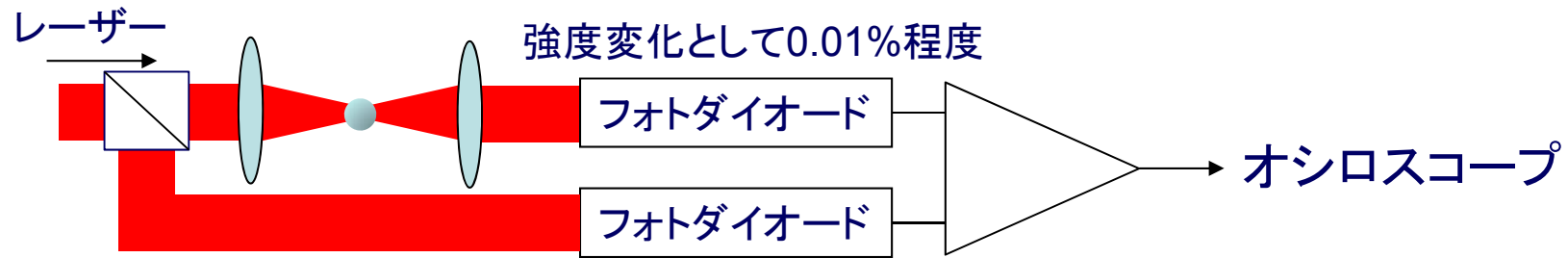
粒子の位置によって位相ずれの大きさは異なる

通常のレーザー光断面の強度分布

粒子の位置によってフォトダイオードでの光強度が変化する

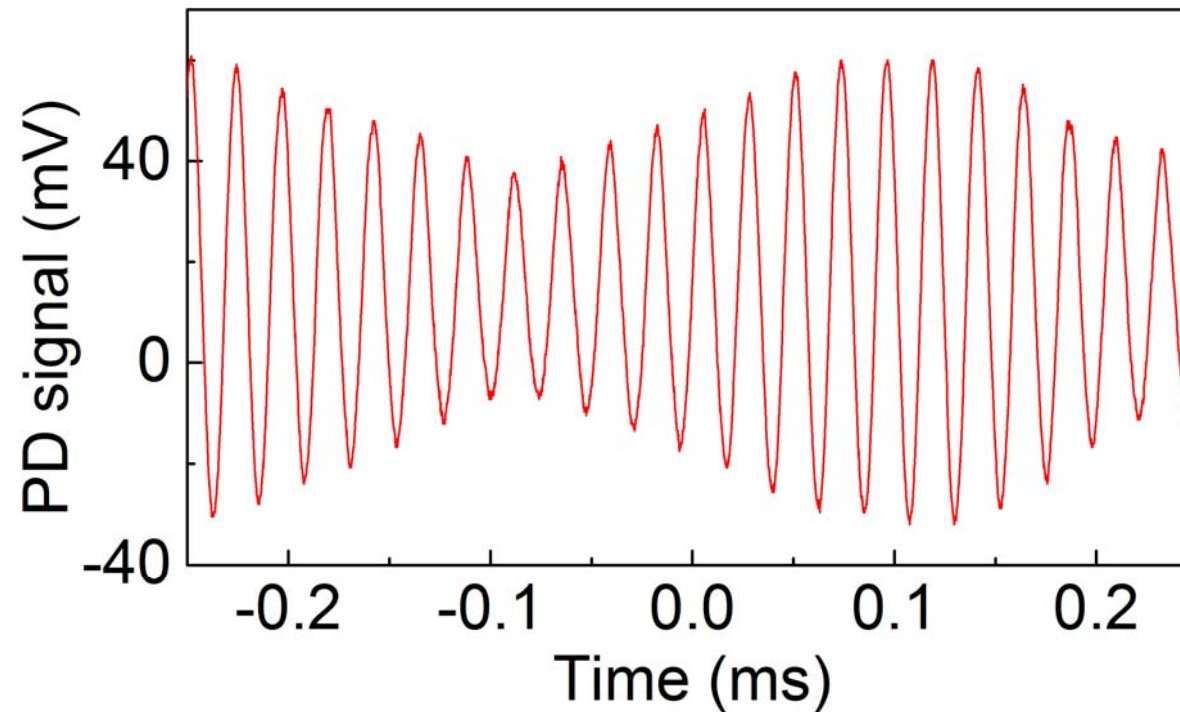
粒子の運動をリアルタイムに観測可能

フォトダイオードでの観測

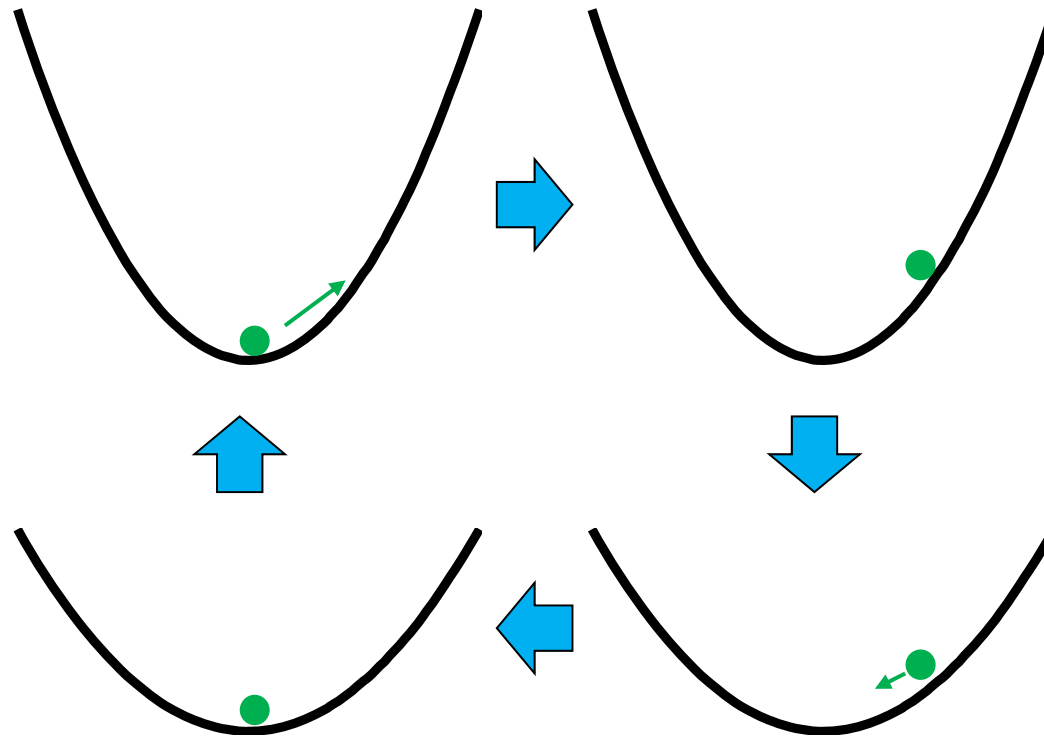


レーザー光の強度ノイズを除くため、バランス検出を行う

ナノ粒子の重心運動をリアルタイムに観測した様子(真空中)



リアルタイム観測の利点：運動の冷却



粒子に位相を合わせてレーザー光強度をトラップ周波数の2倍で変調



粒子の重心運動を冷却することが可能

まとめ

カメラ: ナノ粒子の大まかな位置や個数を把握

フォトダイオード: ナノ粒子の重心運動をリアルタイムで観測

