

# 光の量子性の観測 ～光の粒を数えてみよう～

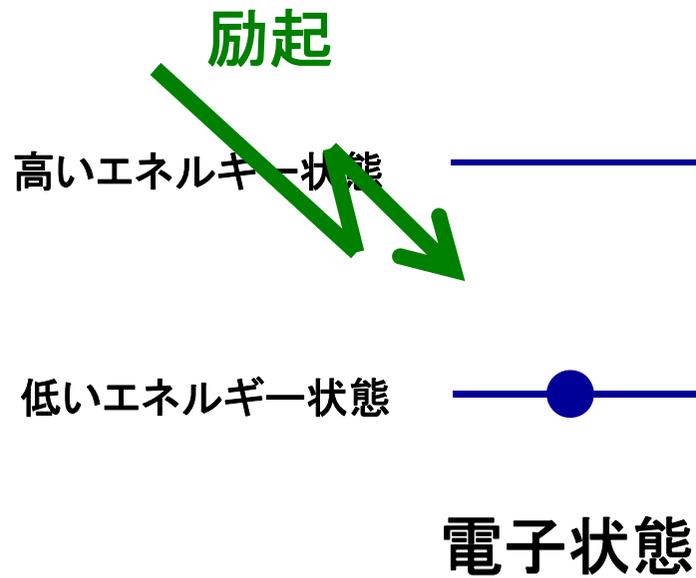
東京大学大学院工学系研究科附属  
光量子科学研究センター 五神研究室

小西 邦昭

# 自然放出

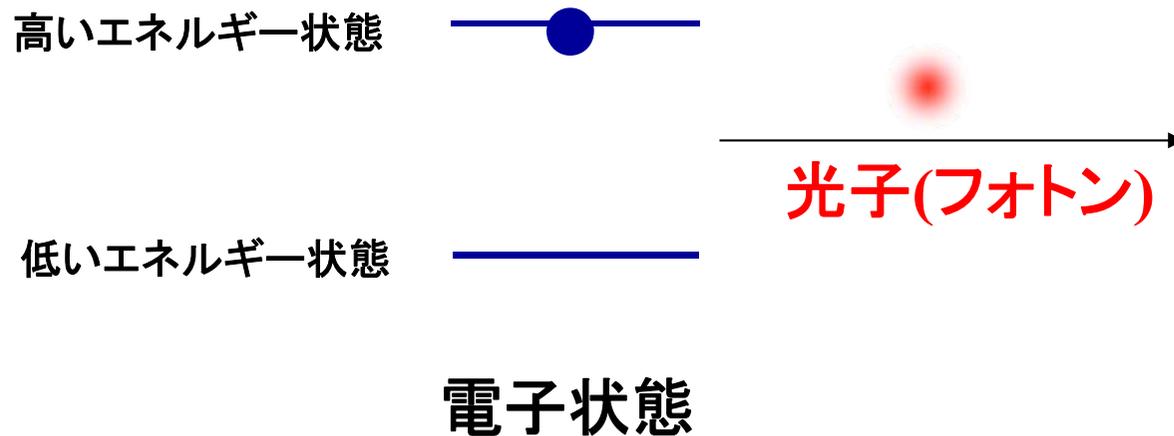
---

## ● 自然放出



# 自然放出

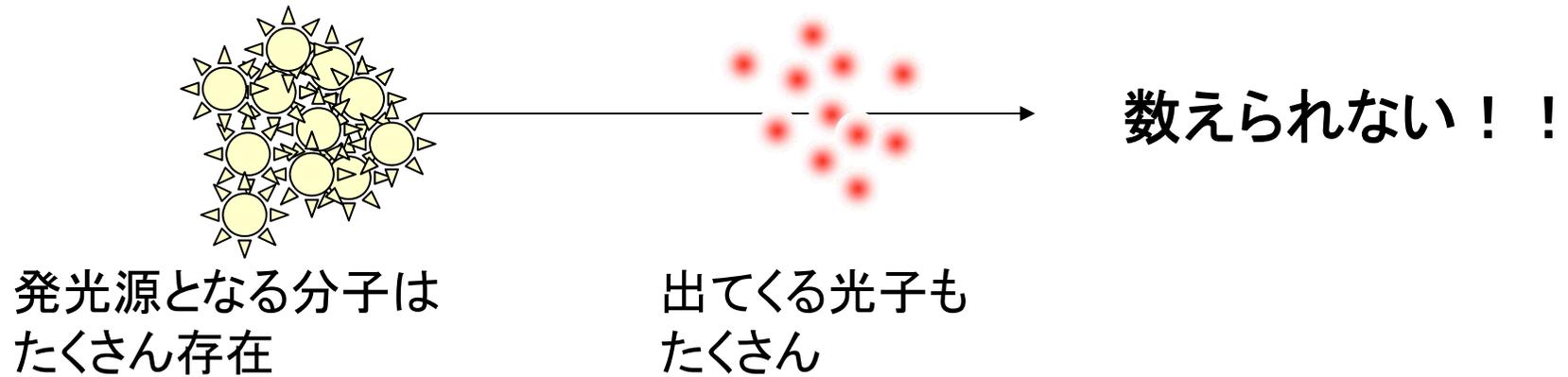
## ● 自然放出



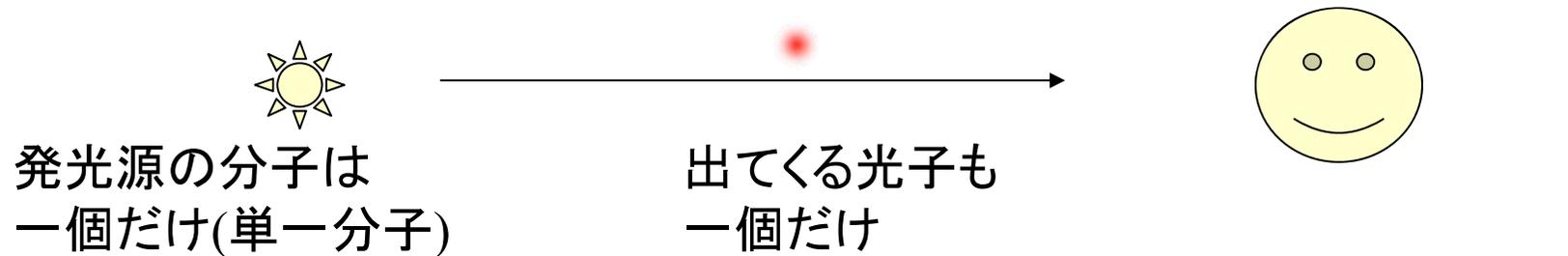
もしも、光を放出する分子が一個しかなかったら、  
そこから放出される光子も一個

# 光の粒を数える

## 普通の状態



## 光子を数えらえる状態



# 本で行ってもらう実験

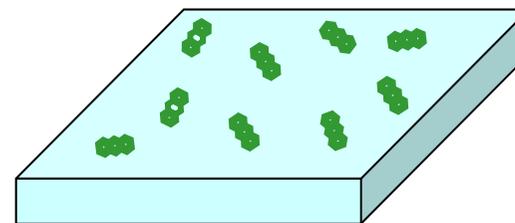
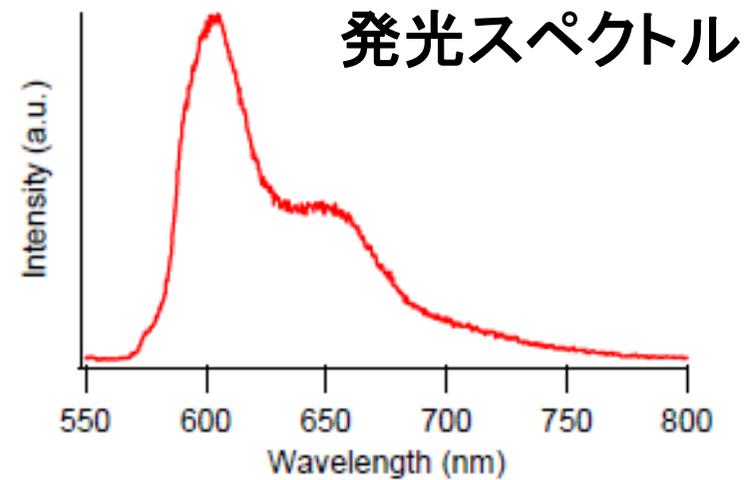
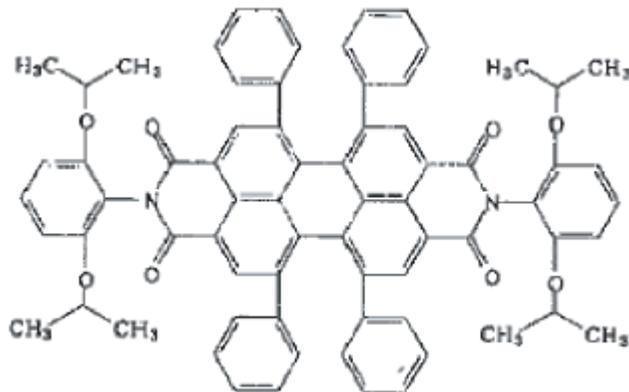
---

1. 分子一個の状態を含む試料を作る
2. 一個だけの分子を探す
3. 分子からの光の粒を数える

# 本日も行ってもらう実験

## 1. 分子一個の状態を含む試料を作る

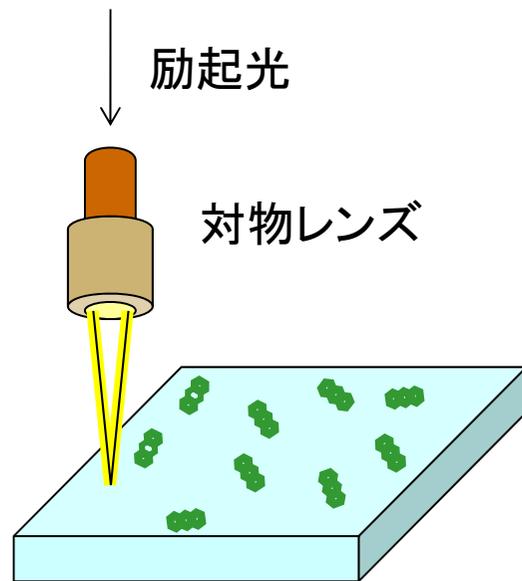
### 有機色素 Lumogen Red



スピコートをつかって  
分子を石英ガラス上に  
まばらに分散させる

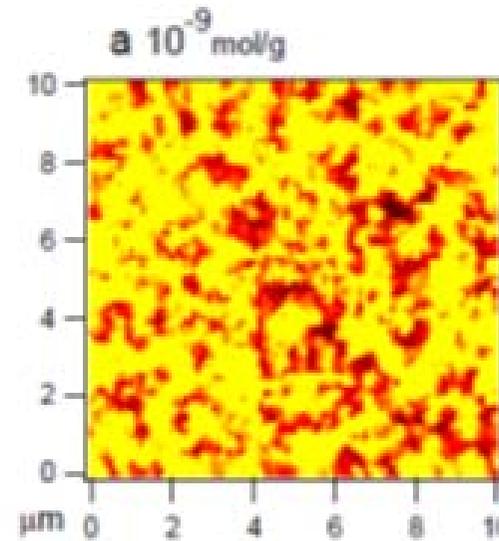
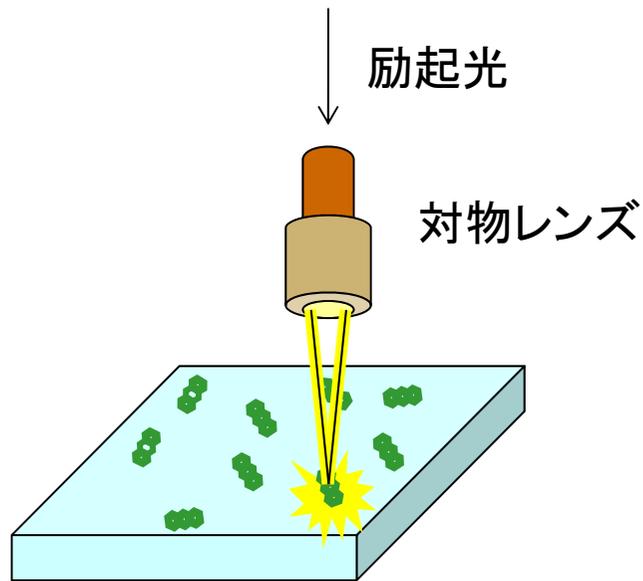
# 本で行ってもらう実験

## 2. 一個だけの分子を探す

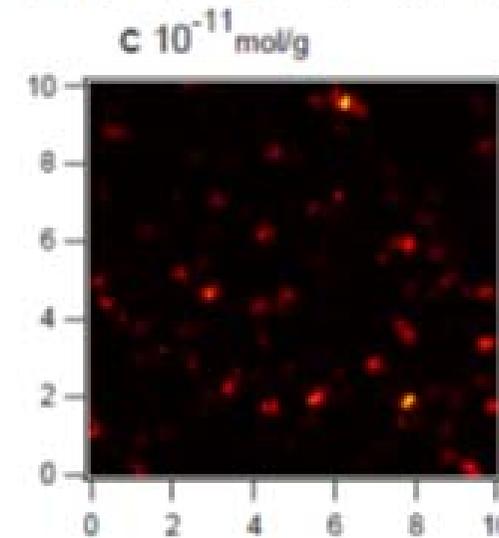


# 本日も行ってもらう実験

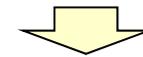
## 2. 一個だけの分子を探す



試料の濃度が濃い



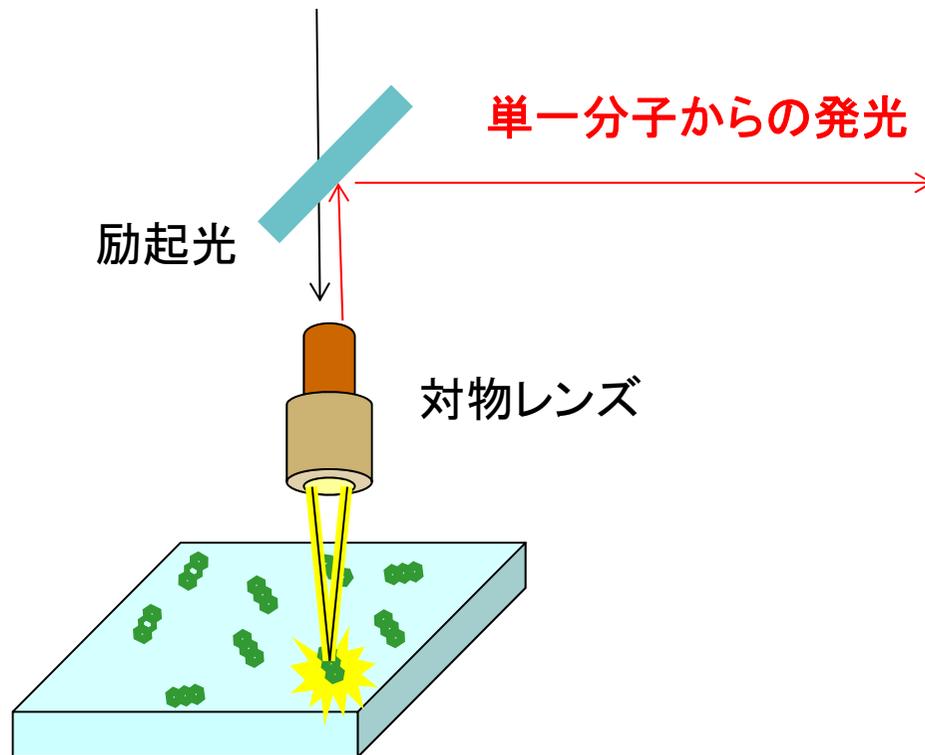
試料の濃度が薄い



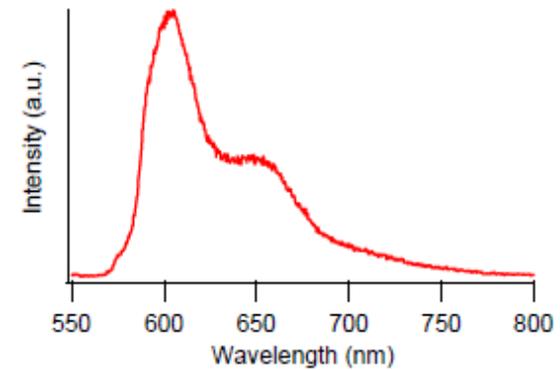
分子一個の発光の輝点が見える！！

# 本で行ってもらう実験

## 3. 分子からの光の粒を数える



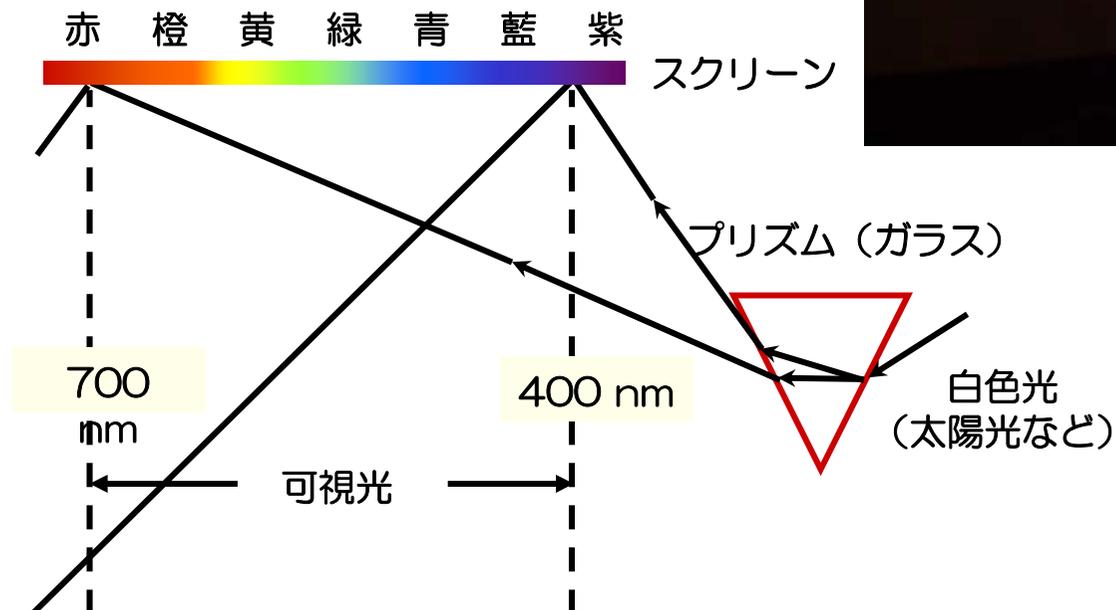
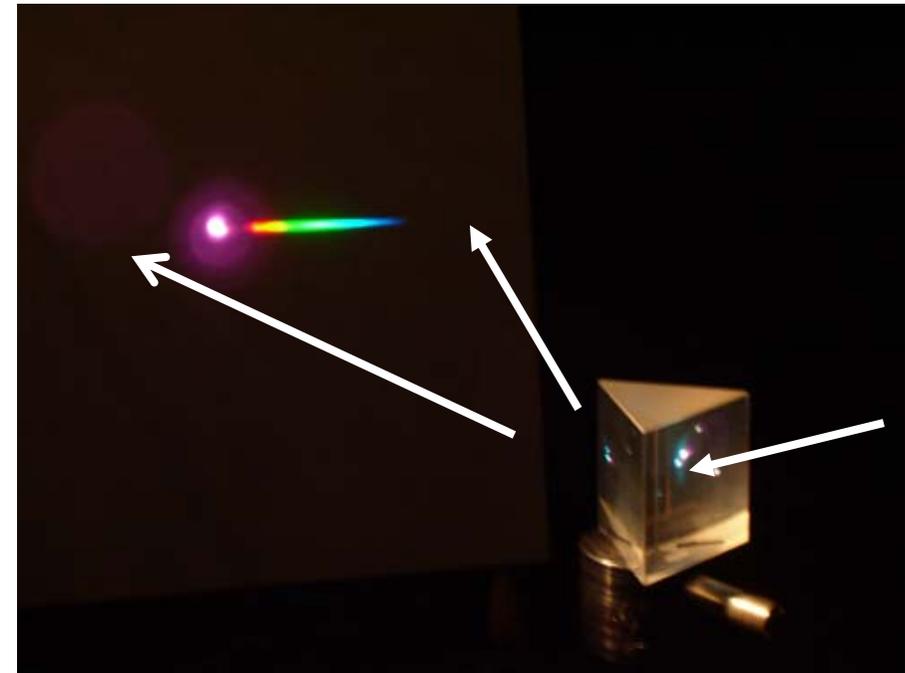
## 発光スペクトルを確認



# 分光スペクトル

## ●プリズム分光のしくみ

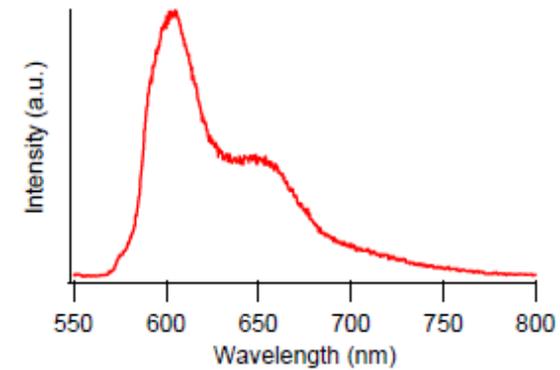
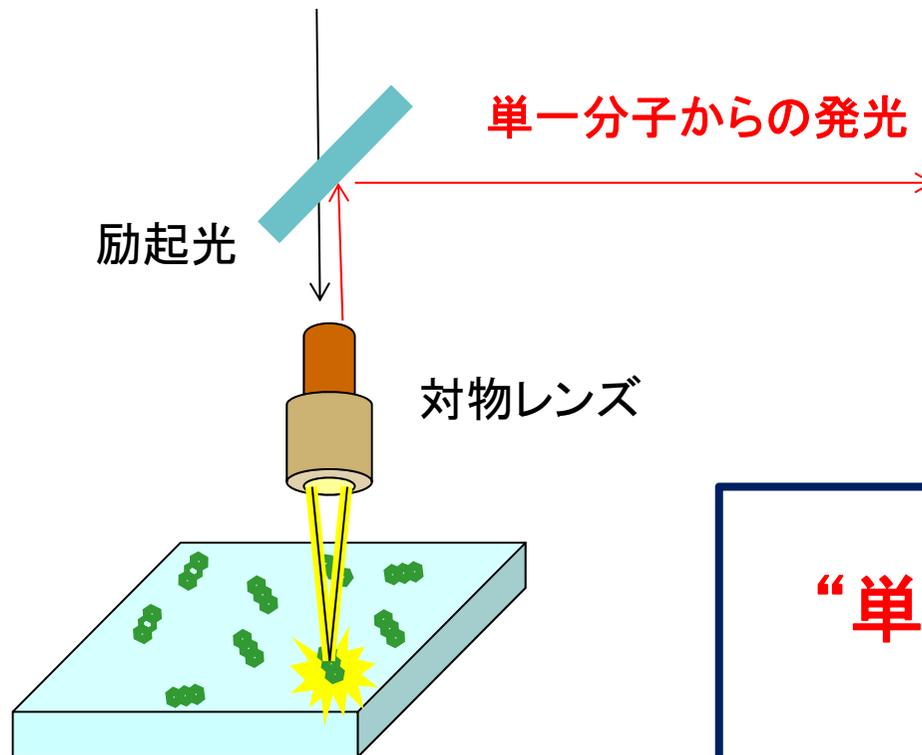
シリカガラスの屈折率  
1.46961@404.7nm  
1.45542@694.3nm



# 本で行ってもらう実験

## 3. 分子からの光の粒を数える

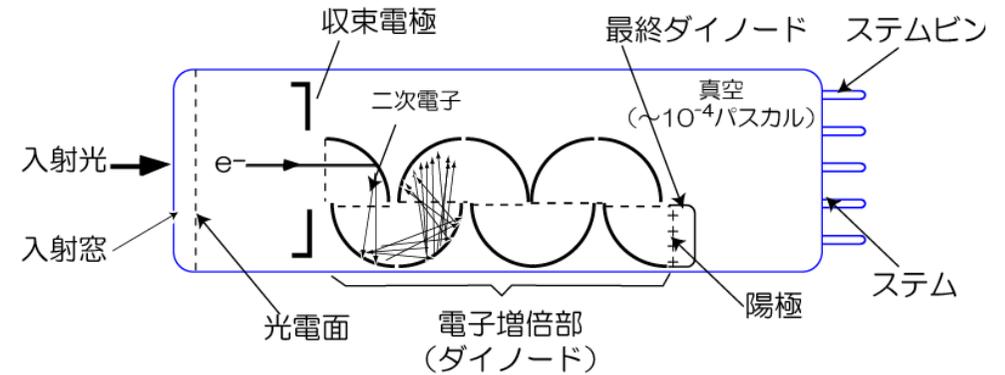
### 発光スペクトルを確認



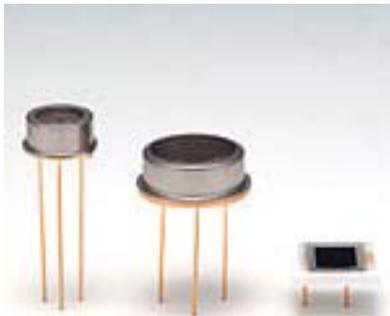
“単一”分子であることを  
確認するには？

# 光子をとらえる

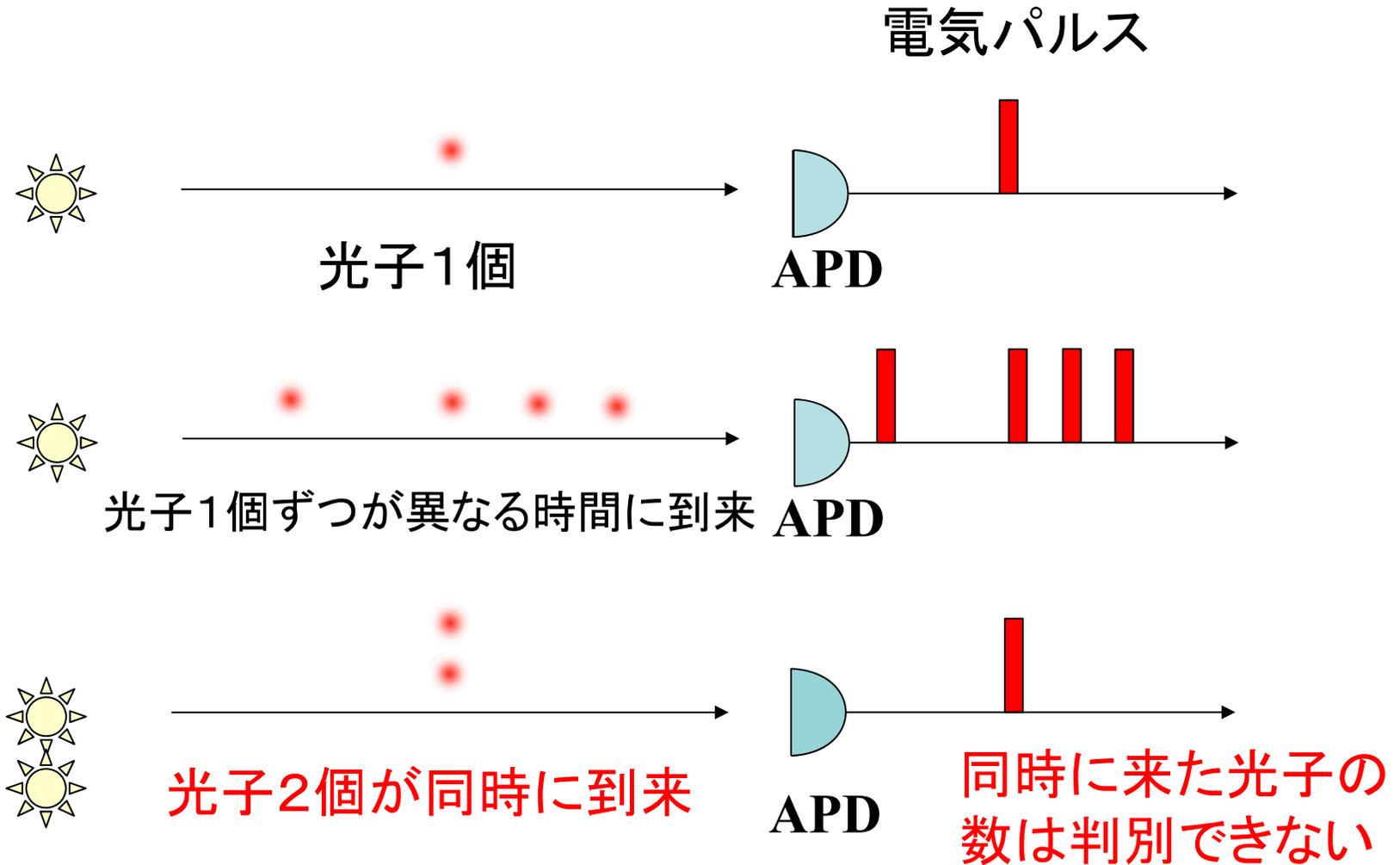
## ● フォトマルチプライヤー（光電子増倍管）



## ● アバランシェフォトダイオード (APD)

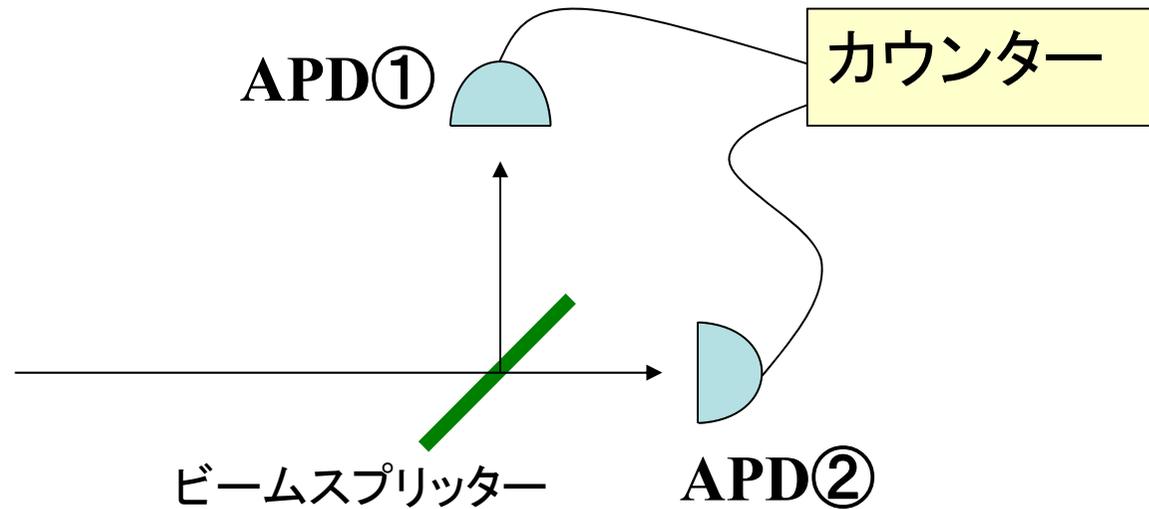


# 光子検出器の性質



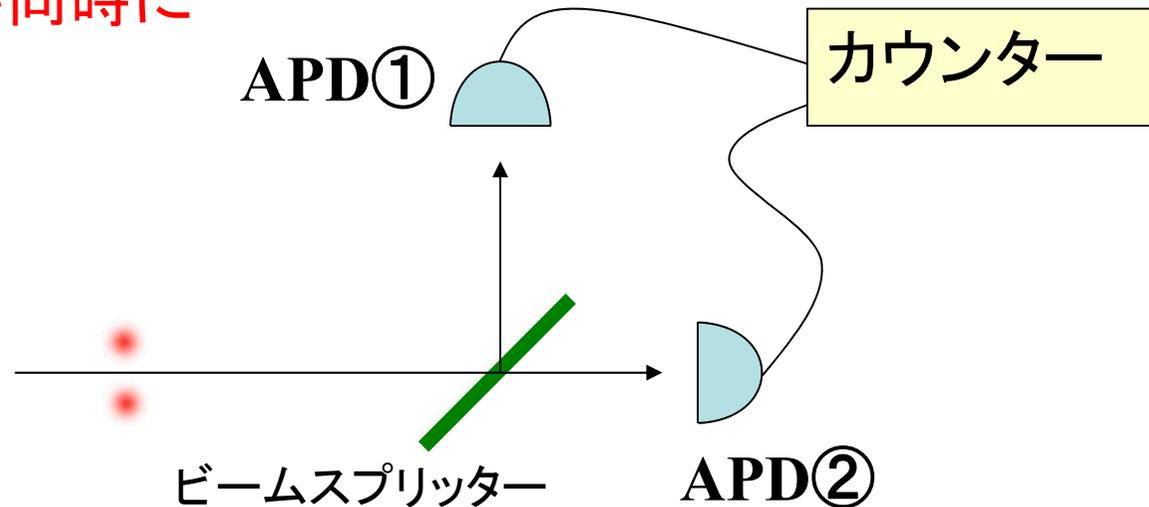
光子が同時には“1個”しか来ていないことを示すにはどうすればよいのか？

# Hanbury-Brown-Twiss干涉計

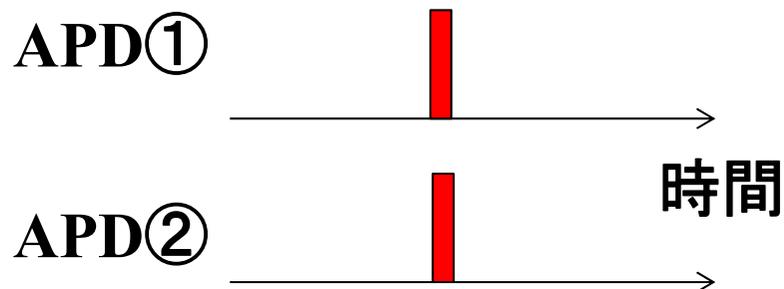


# Hanbury-Brown-Twiss干涉計

光子2個が同時に  
来た場合



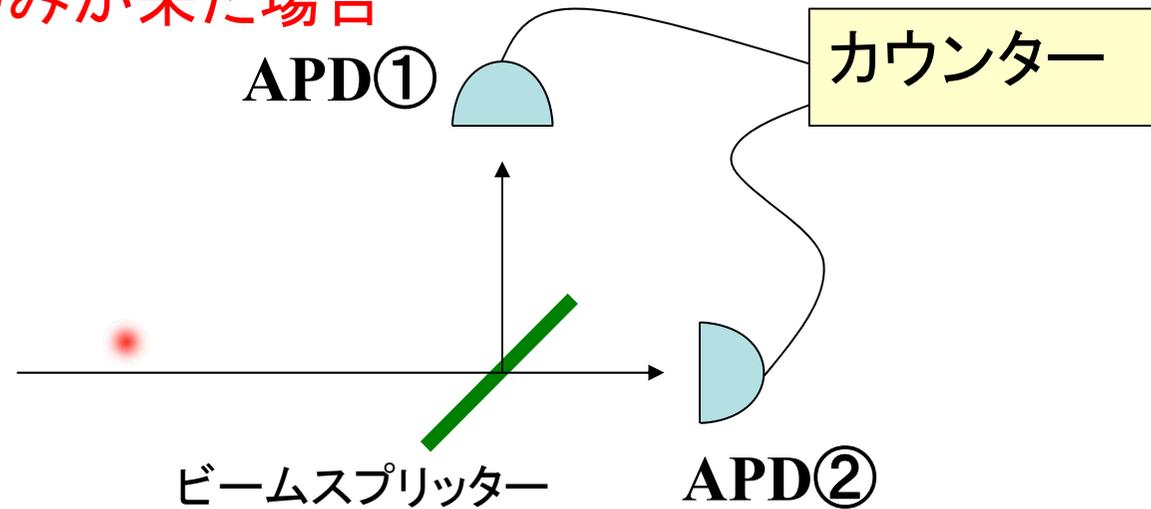
カウンターの表示



同時刻に信号が検出される

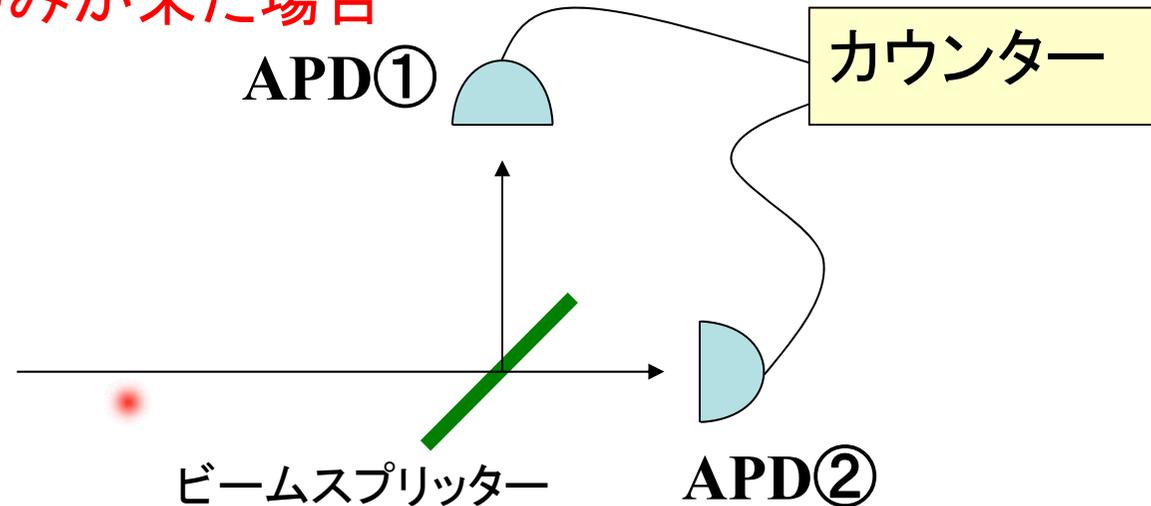
# Hanbury-Brown-Twiss干涉計

光子1個のみが来た場合

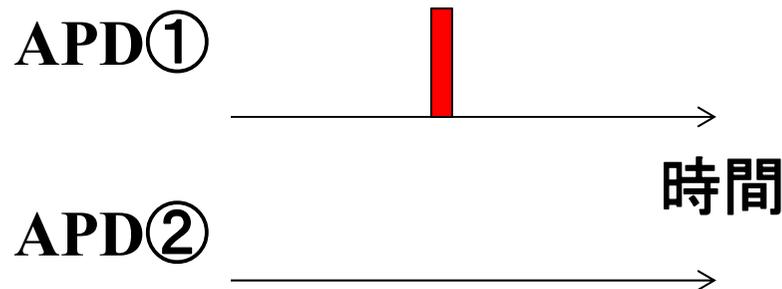


# Hanbury-Brown-Twiss干涉計

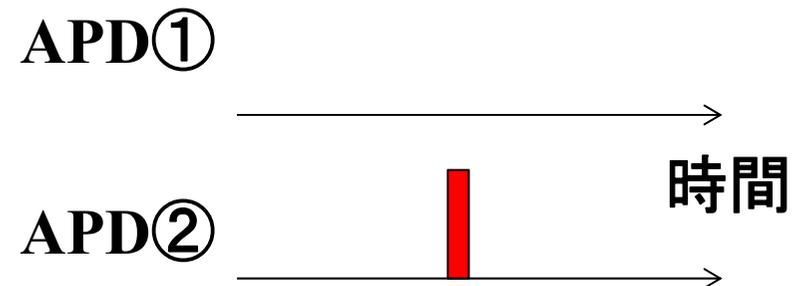
光子1個のみが来た場合



カウンターの表示

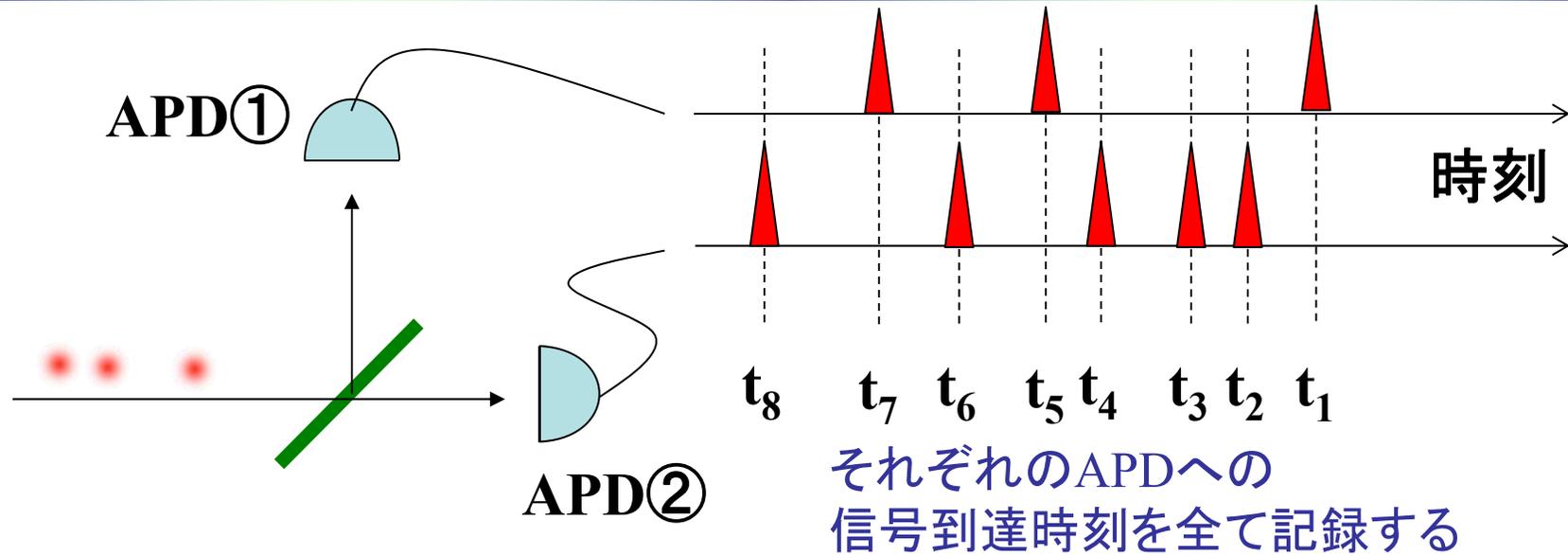


or



同時刻に信号が検出されることはない

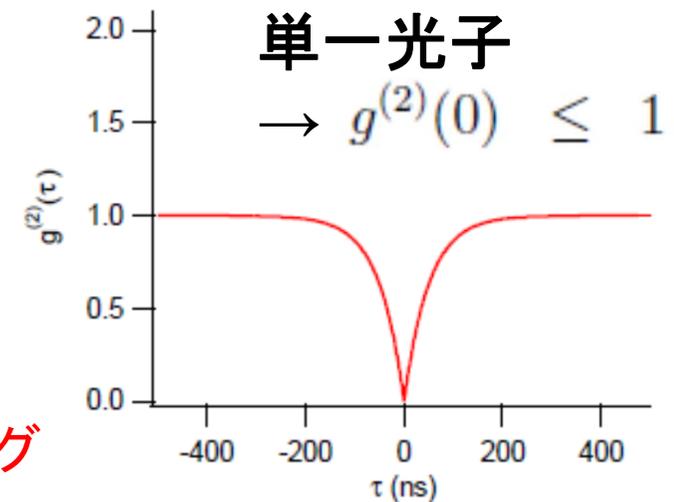
# 二次の光子相関関数の計算



二次の光子相関関数:  $g^{(2)}(\tau) = \frac{p(t + \tau | t)}{p(t + \tau)}$

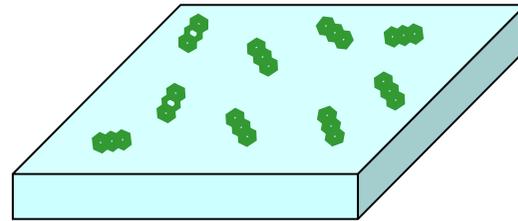
時刻  $t$  で検出が起こった場合の  
 $t + \tau$  における条件付き検出確率

アンチバンチング

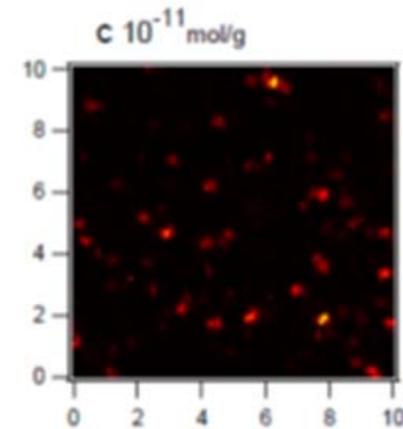


# 本日も行ってもらう実験

1. 分子一個の状態を含む試料を作る



2. 一個だけの分子を探す



3. 分子からの光の粒を数える

