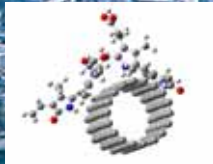
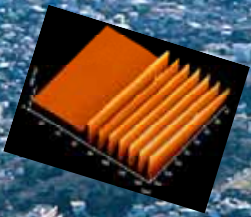


# 横浜国立大学大学院 ナノ・リサーチ・クラブ



～ナノテクノロジーで結ぶ  
地域と横浜国立大学～





# レーザー光で創って動かすマイクロマシン

## 研究の概要

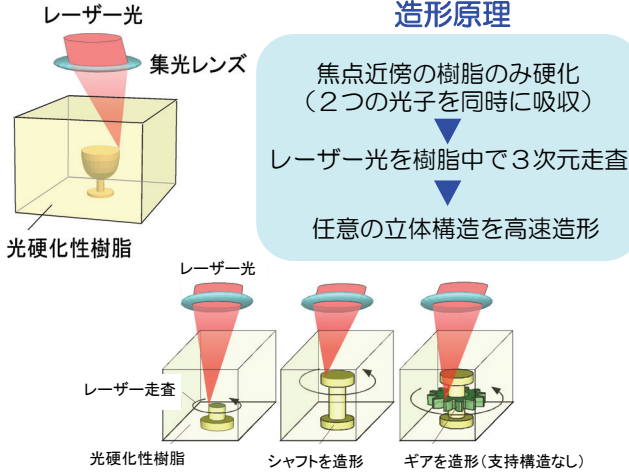
工学部 生産工学科 丸尾研究室

- 基盤技術** 3次元マイクロ光造形技術：0.1~100 μm分解能で任意の3次元ポリマー・金属構造を自在に造形  
**レーザーマニピュレーション技術**：集束レーザー光によってマイクロ物体を液体中で遠隔操作  
**応用展開** 光駆動マイクロマシン：血液を分析する小さな健康診断チップ・細胞を操るマイクロなピンセットなど

## レーザー光でマイクロマシンを創る

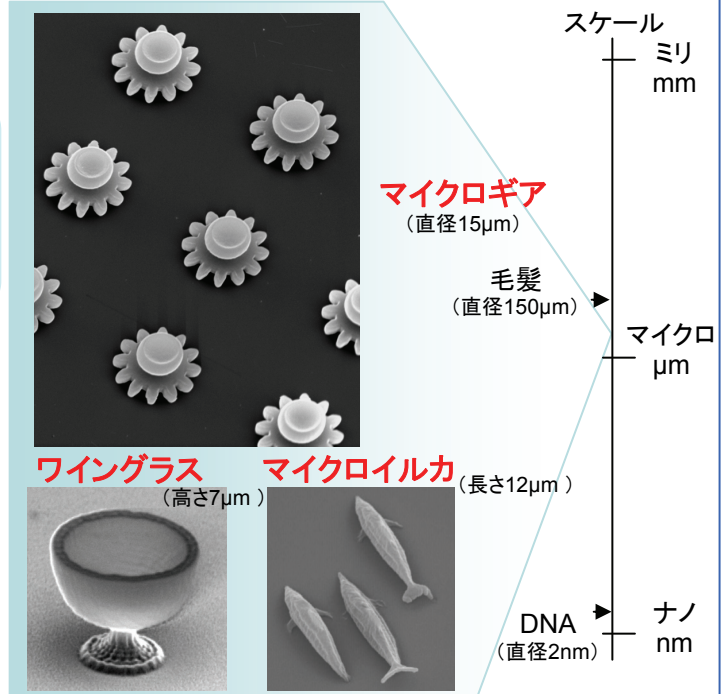
### マイクロ光造形法

#### 造形原理



- ・ 3次元ポリマー・金属構造を高速造形
- ・ サブミクロン加工分解能 (線幅0.1~1 μm)
- ・ マイクロ可動部品を一括作製

S. Maruo, O. Nakamura, S. Kawata, Opt. Lett. 22, 132 (1997).



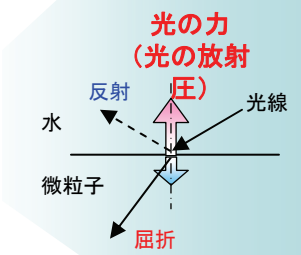
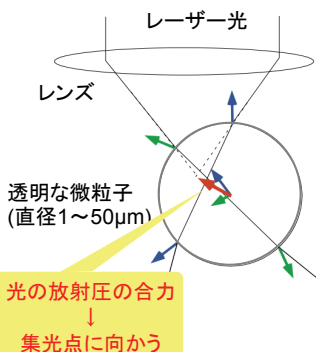
## レーザー光でマイクロマシンを動かす

### レーザー光は力持ち！

光のエネルギー  $E=hc/\lambda$  [J]  
 光の運動量  $p=h/c = h/\lambda$  [N·s]  
 $v$ : 振動数,  $\lambda$ : 波長,  $c$ : 光速,  $h$ : プランク定数

光が屈折・反射する  
↓  
光の運動量が変化  
↓  
物体に力を与える

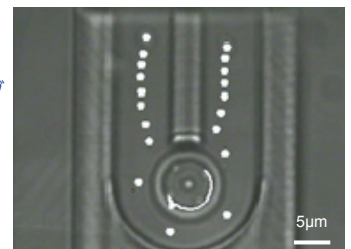
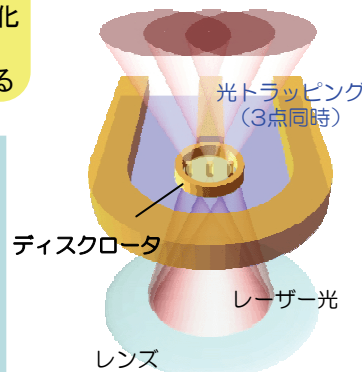
### 微小物体を自在に操る 光ピンセット



力の大きさはピコニュートン  
質量がナノグラム (10<sup>-9</sup>g) の物体に働く  
重力と同じくらい

### 小さな円盤を回すだけで液体が送れる！

### 光駆動ディスクマイクロポンプ



- ・ シャフトレスディスク構造
- ・ 脈動のない連続的な層流
- ・ 細胞などを非破壊輸送可能

Appl. Phys. Lett. (accepted) 特許出願2007

マイクロな世界では慣性力より粘性力・摩擦力が支配的  
単一ロータの回転による粘性力→液体を輸送



# クモの糸で見る身近なナノの世界

## 研究の概要

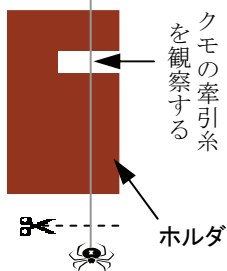
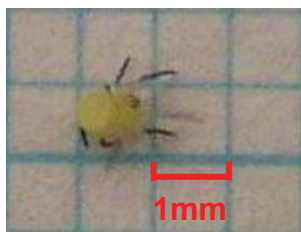
教育人間科学部 李バイバイ、但馬文昭、西山善郎

レーザー光(可視光)を極細い透明な糸(円柱)に当ててできる散乱光の角度分布を測定することにより、糸の太さと屈折率を同時に測定できる。身近にいる小型のクモから太さ100ナノメートル程度の糸を採取できるので、だれもが容易にナノの世界に触れることができ、ナノの世界を身近に感じることができる。

## 研究の成果

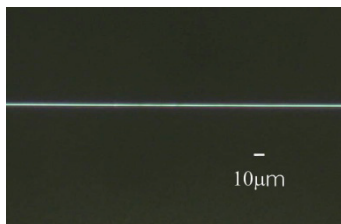
### クモの糸の採取と目視による観察

クモはどこにでもいる身近な生き物で、容易に採集できる。すべてのクモは糸を出すので、小型のクモからナノスケールの直径の糸を容易に採取できる。



### 暗視野照明法による光学顕微鏡観察

100ナノメートル程度の太さのクモの糸は、暗視野照明法(右図)により中・高校にある光学顕微鏡で観察できる。

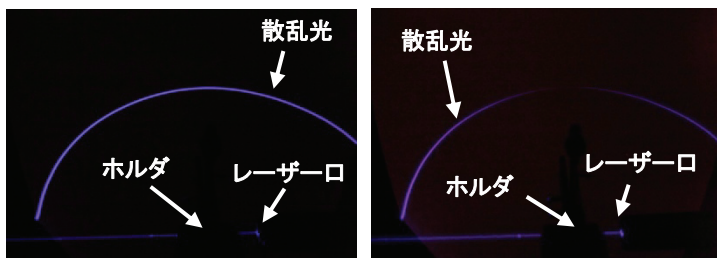


暗視野照明法による直径107nmの糸の観察(実際より太く見える)



発光ダイオードによる照明用光源製作

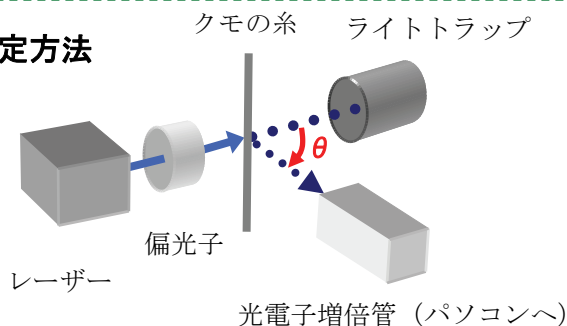
### 散乱光の観察と測定方法



平行偏光時散乱光

垂直偏光時散乱光

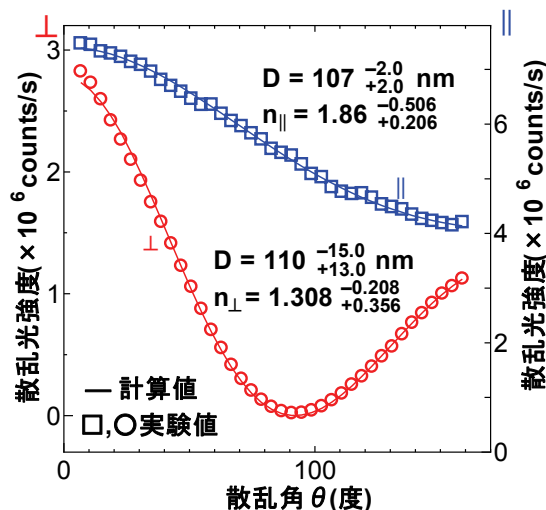
### 測定方法



レーザー光をサンプルに垂直に当てると、その光が周囲に散乱される。その散乱光の強度を角度( $\theta$ )毎に測定すれば、クモの糸の太さと屈折率を同時に決定できる。

### コンピュータによる測定データの解析

散乱光の強度を角度毎に測定し、散乱理論により計算される強度と対照することにより、糸の直径Dと屈折率nを決定できる。



測定結果と散乱理論により計算される結果とを対照。

### 研究者からのメッセージ

- クモの糸の採取と目視による観察
- 散乱光の観察と測定実験
- ◎教材用自動測定装置開発
- 暗視野照明法による光学顕微鏡観察
- コンピュータによる測定データの解析

以上の観点から教材化するための研究を行っている。

<連絡先> Eメール 李バイバイ:libaibai@hotmail.co.jp または 但馬文昭:tajima@ynu.ac.jp

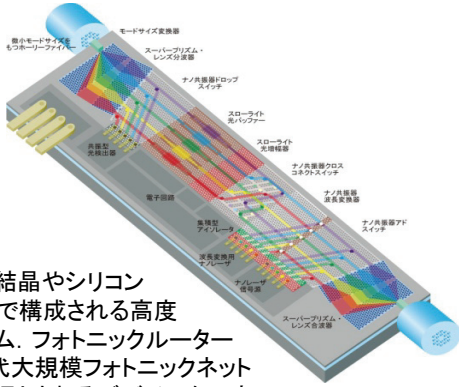


## 研究の概要

工学部 馬場研究室 向井研究室 荒川研究室

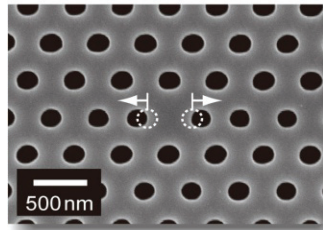
ナノメートル（nm, 1mmの百万分の1）レベルで精密に作製・加工した超微細構造を使って、次世代の極めて高性能、高機能な光素子（レーザーをはじめとする光制御素子や演算回路など）の実現を目指しています。光のエネルギーの最小単位であるフォトン（光子）を1つずつ操作したり、光の進み方を極めて遅くしたりすることが可能になりつつあります。

## 研究の成果



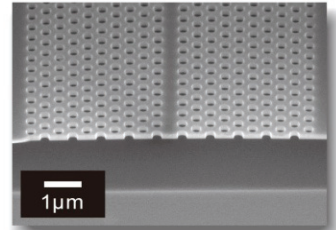
フォトニック結晶やシリコンフォトニクスで構成される高度集積システム。フォトニックルーターなど、次世代大規模フォトニックネットワークに必須とされるデバイスを研究開発している。

### 世界最小！レーザ



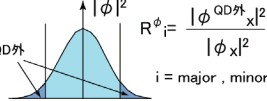
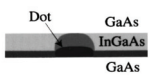
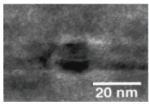
世界最小レーザを実現したフォトニック結晶ナノレーザ

### 光を遅くする！



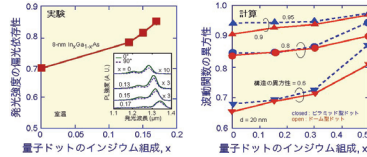
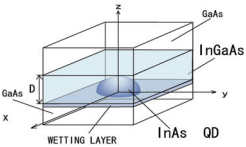
スローライト(遅い光)を発生させるフォトニック結晶導波路

### 光子を一つずつ操る！



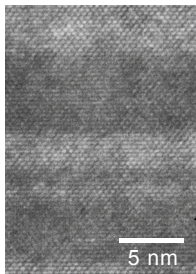
$$R^{\phi}_i = \frac{|\phi_{\text{QD外}} \times I|^2}{|\phi_{\text{外}}|^2}$$

$i = \text{major, minor}$



自己形成量子ドット(QD)内部に閉じ込められた電子の状態を制御する技術の開発。QDは次世代光通信や量子情報科学に用いられる最先端の材料。

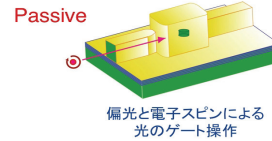
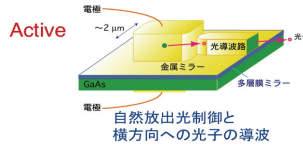
### ナノ超薄膜！



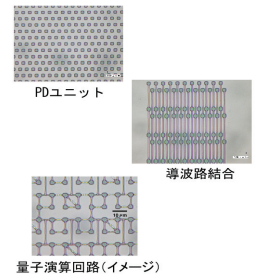
設計値

- InGaAs 19ML
- InAlAs 8ML
- InGaAs 4ML
- InAlAs 3ML
- InGaAs 15ML

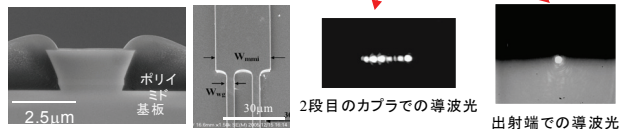
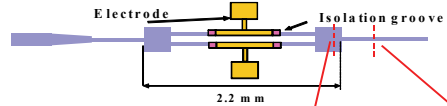
原子レベルで構造制御を行い作製した特殊な半導体超薄膜構造の高分解能像。次世代超高速・低消費電力光ネットワークの構成素子としての応用が期待される。



### 光で超高速計算！



光導波路付きフォトニックドット(PD)に量子ドット(QD)を内包させ、マイクロマシンの手法などを用いて演算を行なう、光量子演算集積回路の提案。



ウェットエッチング  
 $\text{H}_3\text{PO}_4\text{:H}_2\text{O}_2\text{:H}_2\text{O}=1\text{:}1\text{:}5$

左の特殊な半導体超薄膜構造を光制御デバイスに応用した例。電圧により材料特性を大きく変化させることで、電気的デジタル情報を光の情報に変換する。