

プラズモニックホットスポットの化学物理

増原先生のサイエンスから研究者として滅んでしまわない
ために自分が学んだこと

伊藤 民武

目次

0. 緒言

1. 数ナノメートルに局在化した増強光(ホットスポット)と分子との相互作用

2. 今後

0. 自己紹介

学歴(抜粋)

北海道大学大学院 工学研究科 博士前期課程 応用物理学専攻 1994年4月 入学 1996年3月 修了
論文題目「高非線形ファイバーにおけるフェムト秒非線形屈折率応答に関する研究」 山下 幹雄 教授

大阪大学大学院 工学研究科 博士後期課程 応用物理学専攻 1999年4月入学 2002年3月修了(工学博士)
論文題目「フェムト秒顕微光散乱分光システムの開発と単一ナノ粒子への応用に関する研究」 増原 宏教授

職歴(抜粋)

1996年度～1999年度 日本原子力研究所 関西研究所 光量子科学センター 研究員
研究内容「フェムト秒レーザーパルスの超高ピーク強度化とレーザーアブレーションへの応用」

2002年度～2005年度 関西学院大学大学院 理工学研究科 博士研究員
研究内容「表面増強ラマン散乱(SERS)の機構解明の基礎研究」 尾崎 幸洋 教授

2005年度～現在 産業技術総合研究所 健康工学研究部門 主任研究員
研究内容「表面増強ラマン散乱の機構解明と超高感度生体分子計測への応用」

緒言 増原先生の言葉

研究者として滅んでしまわないための箴言

信念に揺らぎを与え続ける。
大切にしてもらえるところに身を置け。
目立て。
孤立するな。仲間を作れ。
研究と人は裏と表だ。
哲学がない研究は不十分(滅びる)。
世界に身を置け。
増原先生の研究者人生 = 就職活動 (伊藤の感想)

箴言を具体的行動に移す

信念に揺らぎを与え続ける。

研究対象に対し様々な実験を行う(偶然の幸運に身を晒す)。

大切にしてもらえるところに身を置け。

組織の価値基準を尊重し高い評価を受け続ける。

目立て。

面白くて重要な論文を出す。賞を取る。

孤立するな。仲間を作れ。

志をともにできる仲間と研究活動する。研究会も作る。

研究と人は裏と表だ。

誰が見ても自分の研究だと分かる仕事をする。

哲学がない研究は不十分(滅びる)。

今の知識に凝り固まるな(知識は脆くなり破綻する)。

世界に身を置け。

世界中の研究者と競争する場に身を置く(競争が自分を鍛える)。

緒言 増原先生の言葉

箴言

以前 現在と今後

信念に揺らぎを与え続ける。	→このままでは×
大切にしてもらえるところに身を置け。	→このままでは×
目立て。	→このままでは×
孤立するな。仲間を作れ。	→このままでは×
研究と人は裏と表だ。	→このままでは×
哲学がない研究はいかん(滅びる)。	→このままでは×

組織の制度や運営と自分の研究活動との間に相反が起きている

研究者として滅んでしまわないためには？



箴言が実行できる場所に身を移し仲間とともに再起を図る。
就職活動しています。伊藤民武をどうぞよろしくお願いします！

教育への抱負(続き)と実施体制

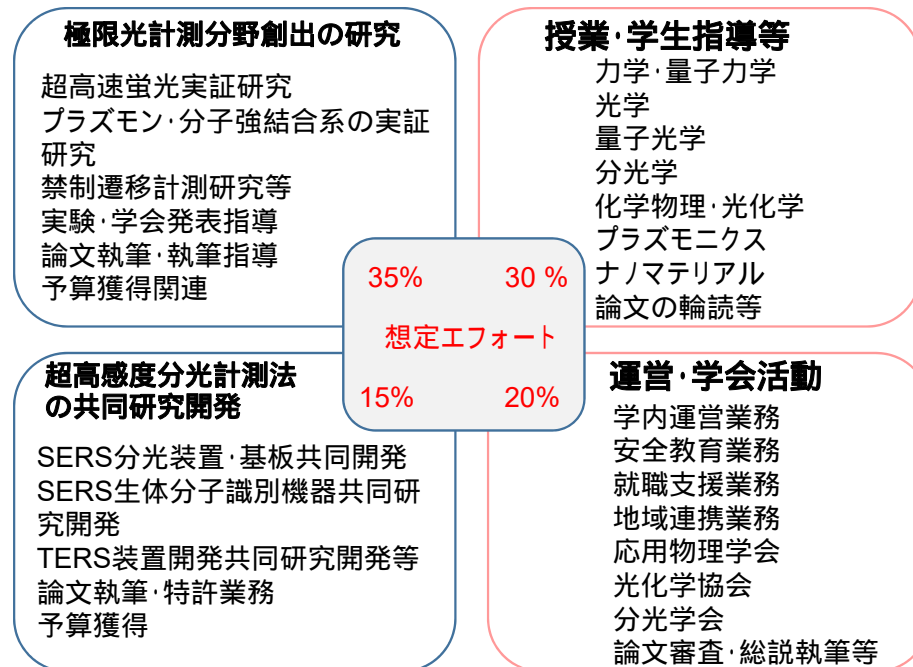
研究室における研究教育の進め方

1. 基本的に一人の学生に一つの光学測定系・実験系を開発してもらう。
2. 最近の重要な研究論文について輪読会で議論する。
3. 研究成果を学生に実感させるため、国際学会において成果の口頭発表を積極的にトライさせる。
4. プレゼンテーション能力の育成に努める。研究項目を学生が責任を持って担当し、その研究の背景・目的・内容・結果・考察を他人が理解できるように発表できるよう訓練する。
5. 外国の学生やポスドクを積極的に受け入れ学生と共同研究を含め積極的に交流させ国際的な場に慣れてもらう。



外国人研究者との積極的なフリーディスカッション

教育研究実施体制



教育研究実施体制実現のための工夫

学内に準備された学生指導や共同研究の施設・仕組みを最大限に利用する。

やる気や実績に基づく学生自身の判断を尊重する。

ポスドクと協力して学生指導を行う。

ポスドクが学生を指導し、上級生が下級生を指導してゆく仕組みを作り上げる。

メールなどでのコミュニケーションより対面での意思疎通を重視する。その結果、お互いの状況の共有を高める。

ご清聴ありがとうございました

教育への抱負

指導・指導協力した大学院生 赤字は学生がファーストオーサー

指導した学生3名

橋本和弘君, 関学理工, 学部4年~博士前期課程2年 (業績 65, 68, 69, 72, 73, 77, 78, 79)

吉川泰夫君, 関学理工, 学部4年~博士前期課程2年 (業績 58, 62, 65, 69, 73)

吉田健一君, 関学理工, 学部4年~博士後期課程3年 (業績 21, 28, **33, 36**, 44, **49**, 50, 58, 65) 博士号取得

指導協力した学生5名

Xinlei Yanさん, 関学理工, 博士後期課程1~3年 (業績 **13, 18, 22**) 博士号取得

Sanpon Vantasin君, 関学理工, 博士後期課程1年~現在 (業績 **1**)

山内宏昭君, 阪大基礎工, 博士後期課程3年 (業績 **6, 11**) 博士号取得

田中嘉人君, 阪大工, 博士後期課程3年 (業績 **38, 46**) 博士号取得

工藤勇人君, 高知大農, 博士後期課程3年 (業績 **25**) 博士号取得

トピック: 吉田健一君

Colloquium Spectroscopicum
Internationale XXXVにおける
Shimadzu Best Poster Awards受賞 (2007)



学生ごとに伸び方が極めて大きく異なる。従って、学生の興味、性格、状況を見極め、やる気と潜在力を引き出せるように一人ひとり柔軟にかつ余裕を持って指導する。

教育の方針

1. 1年生から3年生: 光計測分野の基礎固めを行う。場合によっては高校の教科書を利用する。
2. 4年生から院生: 実験を重視した実践教育を行う。学生自身が構築した実験系で実験させる。
3. データの取得、解釈までを学生が責任を持って行い自分が研究で出会った感動を伝える。
4. 学生の研究結果は論文化し、その作成・審査の過程も学生と共有する。

授業の進め方

1. 授業内容の修得の確認を小テスト・レポートなどで組織的に行う。
2. 理解できるまで出来る限り一対一で指導し、学習意欲を損なわないように配慮する。
3. 英語で相手と議論する技術の必要性を説明し、英語能力の育成を行う。

授業



個別指導



議論



液中レーザーアブレーションによる 有機ナノ粒子の生成

○研究における柔軟性とかかわりー私の経験からー○

琉球大学理学部海洋自然科学科化学系
玉城喜章

1. 液中アブレーションによる有機ナノ粒子の生成 (1999年～現在)
2. フェムト秒過渡吸収分光による酸化チタンナノ粒子焼結膜の研究
(2003～2006年)

液中レーザーアブレーション法についてのご助言

- 増原 宏 先生: 有機物の液中アブレーションはどうだろう (1999年)
研究の始まり
- 朝日 剛 先生: ペリレンを試してみたら (1999年)
ナノ粒子の生成の実証
- 朝日 剛 先生: バナジルフタロシアニンを試してみたら (2000年頃)
ナノ粒子生成のしきい値、粒径の変化、ナノ粒子の結晶構造など
- 近藤義和 先生 (琉球大学産学官連携機構 (当時)) :
ナノ粒子を作って、共同研究しないか (2008年)
研究の再開

液中レーザーアブレーション法についてのご助言

- 増原 宏 先生: 有機物の液中アブレーションはどうだろう (1999年)
研究の始まり
- 朝日 剛 先生: ペリレンを試してみたら (1999年)
ナノ粒子の生成の実証
- 朝日 剛 先生: バナジルフタロシアニンを試してみたら (2000年頃)
ナノ粒子生成のしきい値、粒子径の変化、ナノ粒子の結晶構造など
- 近藤義和 先生 (琉球大学産学官連携機構 (当時)) :
ナノ粒子を作って、共同研究しないか (2008年)
研究の再開 (現在も継続)

酸化チタンの過渡吸収についてのご助言

○阿部 竜 先生(京都大学): その化学種が何かだね (2004年頃)
研究の切り口

○増原 宏 先生: 帰属できていないのに減衰曲線を議論するのは
意味がない (1998年)
過渡吸収の基本

○加藤隆二 先生(日本大学): 他のアルコールではどうかな (2004年頃)
研究の一つのまとめ

**(表) 先端増強分光法による極
限的時空間制御**

**(裏) 増原先生と河田先生という偉
大な先生に教授頂いた幸運: そし
てフィリピンへ**

早澤紀彦 (徳島生まれの大阪育ち、姉は三国丘です)

理化学研究所・Kim表面界面科学研究室

hayazawa@riken.jp

Three-dimensional microfabrication with two-photon-absorbed photopolymerization

Shoji Maruo, Osamu Nakamura, and Satoshi Kawata

Department of Applied Physics, Osaka University, Suita, Osaka 565, Japan

Received October 1, 1996

We propose a method for three-dimensional microfabrication with photopolymerization stimulated by two-photon absorption with a pulsed infrared laser. An experimental system for the microfabrication has been developed with a Ti:sapphire laser whose oscillating wavelength and pulse width are 790 nm and 200 fs, respectively. The usefulness of the proposed method has been verified by fabrication of several kinds of microstructure by use of a resin consisting of photoinitiators, urethane acrylate monomers, and urethane acrylate oligomers. © 1997 Optical Society of America

Recently the microfabrication technology that uses photopolymerization has been intensively studied with a view toward development of new types of micromachines,¹ integrated microfluid sensors,² self-organizing light-wave guides,³ and so on. Applications of technology in micromover systems driven by lasers⁴ and in the field of laser trapping⁵⁻⁷ are also of interest.

Although microfabrication technology with photopolymerization has been used in several fields, the physics of the photopolymerization process in three-dimensional (3D) space is not clear. This means that the spatial resolution attained with photopolymerizing fabrication is uncertain. A theoretical self-consistent analysis of the photopolymerizing materials and the 3D wave field is necessary.

Experimental attempts to improve the 3D spatial resolution associated with photopolymerizing fabrication will also be necessary. Self-organizing phenomena such as self-focusing and self-trapping of a laser beam⁸ may be used to improve the 3D spatial resolution.

Because of both the low spatial resolution in the longitudinal direction and the light absorption at nonfocused points with the present method of photopolymerizing fabrication, one must pile up two-dimensional layers to make a 3D structure. This restricts the choice of both the resultant 3D structure of the photosolidification and the practical procedures necessary for the fabrication.

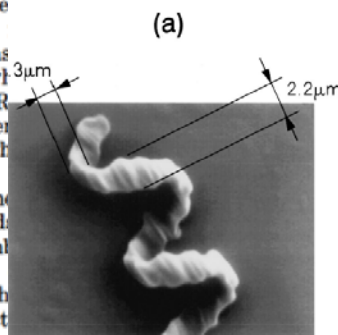
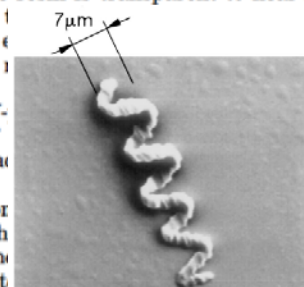
In this Letter we introduce two-photon-absorption⁹ into the UV photopolymerizing fabrication process to improve the longitudinal resolution.⁹ Two-photon ab-

because the resin is transparent to near-IR light, the structures do not have much absorption of the laser beam. Thus it is difficult to fabricate three-dimensional structures by the conventional method.

The UV-curable resin consists of urethane acrylate monomers, urethane acrylate oligomers, rubberizer, and photoinitiator. The photopolymerization of the resin is initiated by the two-photon absorption of the photoinitiator. The photoinitiator is a compound that can be decomposed by the two-photon absorption of the photoinitiator.

When the laser beam is focused, the photon density is high. The photoinitiator, which is a compound that can be decomposed by the two-photon absorption of the photoinitiator, is decomposed by the two-photon absorption of the photoinitiator. The photoinitiator is a compound that can be decomposed by the two-photon absorption of the photoinitiator.

The reaction rate of the photopolymerization is proportional to the square of the photon density at each position in the resin, whereas it is proportional to the density itself for a reaction by single-photon absorption. The



増原研から河田研に移ったからこそ気づいたこと

光とナノ材料を利用したバイオセンシング

吉川 裕之

阪大院工

Nanobio Engineering Group

教授
助教
助教

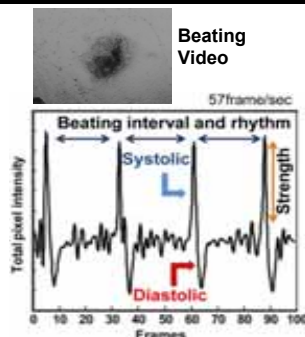
民谷 栄一 (tamiya@ap.eng.osaka-u.ac.jp)
吉川 裕之 (yosikawa@ap.eng.osaka-u.ac.jp)
斎藤 真人 (saitomasato@ap.eng.osaka-u.ac.jp)

ナノとバイオの融合領域の研究を行っています。特に、ナノマテリアル（金属ナノ粒子・カーボンナノチューブなど）とナノ・マイクロチップ技術を駆使し、遺伝子、抗体、細胞など優れたバイオの機能を活用したバイオセンサー、細胞デバイス、一分子アッセイ、バイオマス変換システムなど革新的技術の開拓に取り組んでいます。

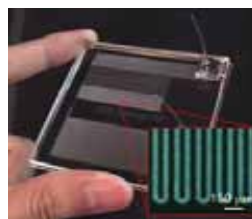
バイオデバイスの創製と応用：



一細胞操作・分析を可能にするマイクロ流体デバイス

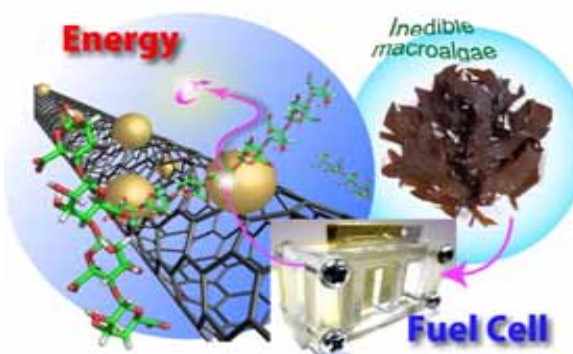


心筋機能チップ

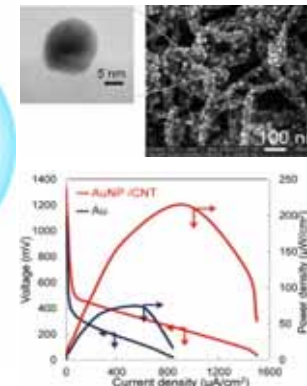


マイクロフロー型PCRチップを用いた迅速インフルエンザウィルス検出

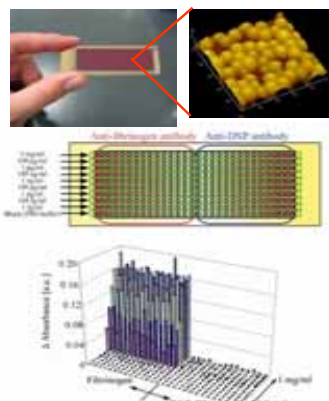
バイオマス変換システム：



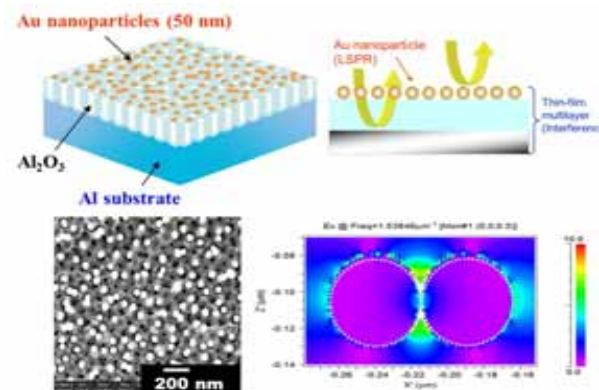
ナノ構造電極を用いたバイオマスエネルギー変換



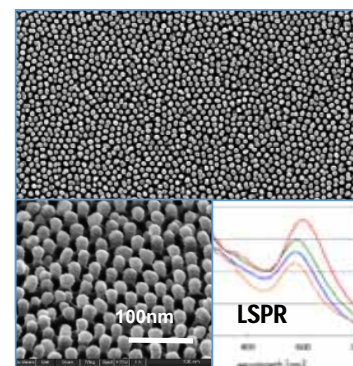
ナノ構造を利用したバイオセンサー：



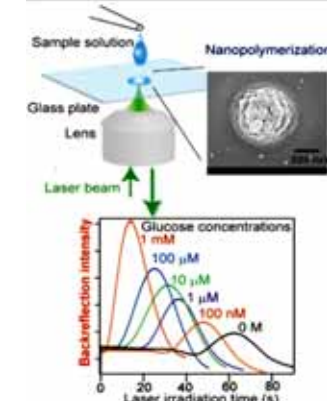
多検体同時解析用バイオチップによる免疫反応の検出



金ナノ粒子を修飾したポーラスアルミナ基板



ナノインプリントによる金ナノピラー構造



レーザーナノ重合を利用したバイオセンシング

増原研の足跡

2階実験室(フェムト秒の部屋)



1階実験室





今後とも増原先生、同窓生の皆様のご指導、ご協力のほど、
よろしくお願いいたします。



山形大学

超解像蛍光顕微鏡の開発とバイオへの応用 ～心に刻む増原先生の言葉～

光

山形大学大学院理工学研究科
応用生命システム工学専攻

堀田 純一

分子/バイオ-ナノフォトンクス研究会
Workshop on Molecular and Biological Nanophotonics
2016年3月23日 大阪市立大学

略歴

1992-1998 光圧による分子集合構造の形成に関する研究
増原宏先生（大阪大学）

1998-2005 光ピンセットによる微弱力測定
量子光学
笹木敬司先生（北海道大学）

2005-2010 単一分子分光
超解像蛍光顕微鏡
Prof. Johan Hofkens (KU Leuven)

2010- 超解像蛍光顕微鏡による珪藻のバイオミネラル化の解析
新規蛍光タンパク質の開発
（山形大学）

学生時代のテーマを決めるとき

「3年間、何も結果が出なくても耐えられるか？」

結婚することを決めたとき

「本当に大丈夫か？」

北大の助手を辞めてレーバンに行くとき

「解決できることしかするな、言うな。」

山形大学での実験室の立ち上げ

2010.10 ~



Microscopy



Molecular biology

非線形分光で探る表面ダイナミクス

京都大学大学院理学研究科化学専攻
渡邊一也

kw@kuchem.kyoto-u.ac.jp

自己紹介

渡邊一也(わたなべ かずや) 出身:奈良県 奈良高校

1992年3月 学部卒

1994年3月 修士卒

1997年3月 博士修了

当時のスタッフ

増原 宏 先生

福村 裕史 先生

笹木 敬司 先生

朝日 剛 先生

先輩方

藤原久志 さん

深澤憲正 さん

坪井泰之 さん

市川 結 さん

古谷浩志 さん

上田武彦 さん

高橋英一 さん

高橋仁樹 さん

増原先生・増原研の当時の方々に
特に感謝していること

時間分解分光との出会い
その機会を与えて頂き
基礎を培って頂いた

増強輻射圧と非平衡場で目指す分子捕捉

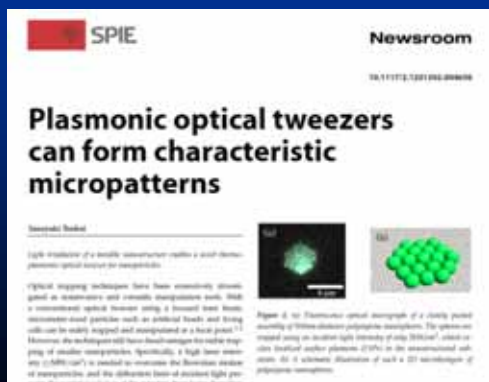
増原先生から学んだ最大のこと～45歳を超えて初めて分かった偉大さ

大阪市立大学 理学研究科

坪井 泰之
(`92 ~ `95 D)



2008年以降、ほぼ毎年何らかのハイライトになっています。



News Release from SPIE
(March, 2013)



Y. Tsuboi et al.,: *J. Am. Chem. Soc.* 2013, 135, 6643.

ACS Editor's Choice.

Y. Tsuboi et al.

J. Phys. Chem. Lett., 2014, 5, pp 2957



nature
nanotechnology

Y. Tsuboi, *Nature Nanotechnology* doi:10.1038/nnano.2015.253

PLASMONIC OPTICAL TWEEZERS

A long arm and a tight grip

By taking advantage of the thermal gradient that is generated in plasmonic systems and by using an a.c. field, plasmonic tweezers can have a large radius of action and can trap and manipulate single nano-objects.

Yasuyuki Tsuboi

増原先生、研究の世界にお導きいただき

本当にありがとうございます！！