

戦略的創造研究推進事業 CREST
研究領域
「先端光源を駆使した光科学・光技術の融合展開」
研究課題
「電子線励起微小光源による光ナノイメージング」

研究終了報告書

研究期間 平成21年10月～平成27年3月

研究代表者：川田 善正
(静岡大学電子工学研究所、教授)

§ 1 研究実施の概要

(1) 実施概要

本研究では、光を用いて生物試料の微細構造を観察でき、光学顕微鏡の回折限界を超える分解能を有する実時間ナノイメージング法を実現することを目的として研究を進めてきた。本顕微鏡システムの特徴では、収束電子線を用いて蛍光薄膜に照射し、蛍光膜内に微小光源を励起する。電子線を用いるため回折限界を超えた高解像度で試料を観察することができ、通常の光学顕微鏡と同様に、生物試料を生きたまま液中で観察することが可能となる。

本手法は、他の超解像光学顕微鏡に比して、(1) 試料の吸収分布、屈折率分布を観察可能、(2) 非染色、非破壊で生体試料を観察可能、(3) 高速な観察が可能、(4) 分光測定による定性分析が可能などの特徴を有する(詳細な比較は p.15 表 1 参照のこと)。とくに他の超解像顕微鏡技術では、生物試料の染色が必須であり、試料に与えるダメージ、染色ムラなどが問題になるが、本手法では、染色は必要でなく、試料の吸収分布、屈折率分布などを観察可能である。

各研究項目の研究概要は次のとおりである。

1. 研究項目：光電変換膜の作製・評価・高機能化

本顕微鏡システムのキーデバイスとなる光電変換膜の作製、評価、高機能化を目的として、製膜方法を開発しその最適化を行なった。具体的には、

- ・スパッタ ZnO 薄膜のアニーリングによる高輝度化(静岡大学 中西研究室による研究協力)
- ・ALD(atomic layer deposition)法による ZnO の成膜(浜松ホトニクスによる研究協力)
- ・PLD(pulsed laser deposition)法による Y₂O₃ の成膜(兵庫県立大学による研究協力)
- ・電子ビーム蒸着法による Y₂O₃ の成膜

の各成膜法を開発し、最適化を行なった。その結果、ZnO 膜を 1000° C でアニーリングすることにより、Zn₂SiO₄ 膜が形成されることを明らかにし、電子線励起により高い発光強度が得られることを発見した。本成膜手法によって得られる発光強度は 469 光子/pixel であり、光ナノイメージング法の要求仕様(791 光子/pixel)に比べてまだやや低いものの、ほぼ要求仕様を満たす蛍光膜を実現することに成功した。

また、本イメージングシステムの分解能を評価するための新しい数値解析手法を開発した。本手法では、薄膜内での電子線散乱をモンテカルロ・シミュレーションで、電子線で励起された蛍光の伝搬を有限領域時間差分法で解析した。本解析手法により蛍光膜表面に近傍に 20 nm 程度の集光スポットが形成されることを確認した。実験結果との比較によりシミュレーション手法の精度を評価した。

2. 研究項目：微小光源励起システムの設計・製作・評価

電子線励起微小光源による光ナノイメージングシステムのプロトタイプを試作し、システムの改良を行なった。加速電圧最大 7.5 kV、空間分解能 10 nm 以下、画像取得速度最大 100 frames/s の顕微鏡システムを構築した。走査型電子顕微鏡(SEM)には全長 23 cm のコンパクトな倒立型システムを用い、光学顕微鏡と光軸を一致させる構成とした。

開発した顕微鏡システムを用いて、生物細胞の動態を高分解能で観察することに成功した。光電変換膜には、研究項目 1 で開発した ZnO アニーリング膜を用いた。図 1 に本システムで観察した MARCO 細胞の観察結果を示す。細胞内の微小な顆粒が 100 nm 程度の高分解能で観察できていることが確認できる。図 2 には生きた MARCO 細胞の動態観察結果を示す。破線で示した細胞が基板上を移動していく様子が高分解能で観察できている。

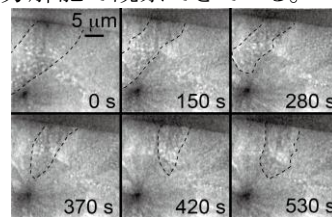
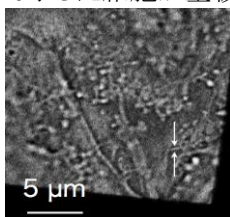


図 1. MARCO 細胞(固定処理)の観察結果 図 2. 生きた MARCO 細胞の動態観察結果

3. 研究項目: 電子線直接励起による生体試料の観察

本 CREST 期間中に生物試料に直接電子線を照射し、染色試料や細胞の自家蛍光を励起して検出する、電子線直接励起による生体試料の観察方法を提案し、その原理検証を行うとともに有効性を確認した。多色の蛍光性ナノダイヤモンドを HeLa 細胞内に取り込ませ、動態観察を行なうとともに、MARCO 細胞の樹状突起上での膜輸送解析への応用の可能性を示した。細胞の自家蛍光を励起し内部構造を高分解能で観察できることを示した。蛍光染色した細胞の蛍光顕微鏡像と電子線直接励起像を比較することにより、細胞内のアクチン、ミトコンドリア、核などが自家蛍光を発することを明らかにした。

4. 研究項目: 光ナノイメージングのための生物試料のマニピュレーション法の確立と評価

Si_3N_4 薄膜上および ZnO 蛍光膜、 Y_2O_3 蛍光膜上に CHO 細胞や HeLa 細胞、MARCO 細胞など様々な生物試料を培養に成功し、細胞培養のための基板の改質方法および電子線によるダメージの低減方法を開発した。とくに、MARCO-GFP を発現した樹状細胞というユニークな細胞を培養し、その樹状突起におけるナノダイヤモンドの吸着と運搬の過程を観察するための環境を整えた。これにより研究項目 1 で開発した蛍光膜上に細胞を培養し、研究項目 2 および 3 で開発したイメージングシステムで観察することを可能とした。 Si_3N_4 基板で生物を培養するために、 Si_3N_4 薄膜の表面をカルボキシル基で改質し、生体適合性を向上させた。また、密着性を向上させた基板上に HeLa 細胞を培養し、電子線励起による観察を行なった。密着性を向上させたことにより、試料内部の顆粒の分布などが高分解能で観察できることを確認した。また、蛍光性ナノダイヤモンドを細胞内に取り込ませ、細胞内部の動態観察を行う方法を開発した。さらに、電子線を生細胞に照射することで細胞が破壊される効果を低減させるために、 Si_3N_4 膜上に金蒸着を施して電子が生体標本にまで透過することを阻止する方法を開発した。

(2) 顕著な成果

<優れた基礎研究としての成果>

1. W. Inami, K. Nakajima, A. Miyakawa, and Y. Kawata, Electron beam excitation assisted optical microscope with ultra-high resolution, Opt. Exp. Vol. 18, Issue 12, pp. 12897-12902, 2010.

被引用件数: 18 件

概要: 本論文は、電子線励起微小光源による光ナノイメージングシステムの原理を提案するとともに、その分解能を評価し、50 ナノメートル以下の空間分解能で試料を観察できることを示したものである。他の超解像顕微鏡手法とは異なり、非染色の試料を高分解能で大気圧、液中で観察できる手法として、Nature 系のレビュー記事で紹介されるなど高く評価された。現在、電子線で微小光源を実現し高分解能観察に応用しようとする研究グループが国内外で複数フォローしはじめている。

2. Y. Nawa, W. Inami, A. Chiba, A. Ono, A. Miyakawa, Y. Kawata, S. Lin, and S. Terakawa, Dynamic and high-resolution live cell imaging by direct electron beam excitation, Opt. Exp. Vol. 20, Issue 5, pp. 5629-5635, 2012.

被引用件数: 14 件

概要: 本論文では、電子線で染色した生物試料の蛍光分子または自家蛍光を直接励起する光ナノイメージングシステムを提案し、その有効性を確認するとともに、生物試料へのダメージについても検討した結果を報告したものである。本イメージングシステムは、電子線を収束して簡便により高い分解能が実現可能である手法として高く評価されている。数々の賞を受賞するなど国内外から高い評価を受けた。

3. Wataru Inami, Jun Fujiwara, Fukuta Masahiro, Atsushi Ono, and Yoshimasa Kawata,

Analysis of electron and light scattering in a fluorescent thin film by combination of Monte Carlo simulation and finite-difference time-domain method, Appl. Phys. Lett. Vol. 101, 151104, 2012.

被引用件数： 4 件

概要:本解析手法は、蛍光膜内の電子線散乱と励起された微小光源からの光伝搬をシミュレーション可能な新しい数値解析手法を開発したものである。本手法を用いることにより、電子線励起による微小光源の空間的な広がり、輝度などを解析することが可能となった。本シミュレーション手法は、蛍光膜内からの発光強度分布の解析はもちろんのこと、フィールドエミッションディスプレイの評価、カソードルミネッセンス解析などさまざまな分野に展開可能として高い評価を得た。

< 科学技術イノベーションに大きく寄与する成果 >

1. 生きた生物試料の高分解能動態観察

概要:電子線励起微小光源による光ナノイメージング手法および電子線直接励起による観察法の両方の手法において、50 nm 程度の分解能で生きた生体試料の動態観察を行なうことに成功した。この超解像イメージング技術の開発により、非染色で試料を観察できることから、膜輸送メカニズムの解明、タンパク質の動態解析など生物分野におけるさまざまな応用展開が期待できる。また、液中のファインバブルやナノ粒子の動態観察、微結晶の成長機構の解明など、工業的な応用においてもさまざまな展開が期待できる。

2. 光ナノイメージングシステムの試作およびその改良

概要:本研究の原理に基づいた光ナノイメージングシステムのプロトタイプを試作し、基礎実験によりその問題点を明らかにし、改良を進めた。電子線と蛍光顕微鏡とを同軸で融合するための全体の機構設計・開発を行なった。基礎特性の評価、高分解能化、高機能化を検討し、安全システムの導入方法を検討した。基礎実験によりシステムの最適化、結像特性の最適化を行い、より高い分解能観察可能なシステムを開発した。また本システムの実用化に向けた詳細な検討を協力企業と進めている。

3. 国内および海外特許の取得

概要:本顕微鏡システムの基本特許を国内および米国、欧州において取得した。本特許は、光ナノイメージングシステムによる超解像観察手法の原理を特許化したものであり、これにより本システムを科学技術イノベーションに向けて展開する際の基礎となる。本顕微鏡システムのキーデバイスとなる膜の特許にも出願の準備を進めている。微小光源を励起する膜構成、試料の損傷を軽減するための電子線透過率の制御方法などを含む。

§ 2 研究実施体制

(1) 研究チームの体制について

①「静岡大学」グループ

研究参加者

| 氏名 | 所属 | 役職 | 参加時期 |
|-------|-------------------------|-------|--------------|
| 川田 善正 | 静岡大学電子工学研究所 | 教授 | H21.10～ |
| 昆野 昭則 | 静岡大学化学バイオ工学科 | 教授 | H21.10～ |
| 岩田 太 | 静岡大学機械工学科 | 教授 | H21.10～ |
| 江上 力 | 静岡大学電気電子工学科 | 教授 | H21.10～ |
| 杉田 篤史 | 静岡大学化学バイオ工学科 | 准教授 | H21.10～ |
| 居波 涉 | 静岡大学電子工学研究所 | 准教授 | H21.10～ |
| 小野 篤史 | 静岡大学電子物質科学科 | 准教授 | H21.10～ |
| 宮川 厚夫 | 静岡大学機械工学科 | 学術研究員 | H21.10～H24.3 |
| 千葉 明人 | 同上 | 学術研究員 | H22.8～H23.10 |
| 三宅 亜紀 | 同上 | 学術研究員 | H24.4～H25.11 |
| 林 升 | 静岡大学電子工学研究所 | 学術研究員 | H25.4～ |
| 古川 太一 | 静岡大学電子工学研究所 | 学術研究員 | H26.4～H26.9 |
| 古川 太一 | 大阪大学ナノサイエンスデザイン教育研究センター | 特任助教 | H26.10～ |

研究項目

- ・ 電子線励起微小光源による光ナノイメージング法の開発

②「常葉大学(浜松医科大学)」グループ

研究参加者

| 氏名 | 所属 | 役職 | 参加時期 |
|--------|--------|-------|--------------|
| 寺川 進 | 常葉大学 | 教授 | H21.10～ |
| 菅野 さな枝 | 浜松医科大学 | 特任研究員 | H22.4～H22.9 |
| 林 升 | 同上 | 特任研究員 | H22.10～H25.3 |

研究項目

- ・ 光ナノイメージングのための生物試料のマニピュレーション法の確立と評価

(2) 国内外の研究者や産業界等との連携によるネットワーク形成の状況について

電子線により高効率で発光する蛍光膜を開発するため、蛍光膜の開発において実績のある研究者に研究協力をお願いした。

- ・ 静岡大学 中西研究室との電子ビーム蒸着法に関する共同研究
- ・ 浜松ホトニクスとの ALD 法に関する共同研究
- ・ 兵庫県立大学との PLD 法に関する共同研究

また、蛍光性ナノダイヤモンドの生物応用に関して、台湾 Academia Sinica の Huan-Cheng Chang 先生と共同研究を実施するとともに、大阪大学 小林研究室からシリコンナノ粒子をご提供いただき、電子線による発光を評価した。

光ナノイメージングシステムの開発においては、コンパクトな倒立型の走査電子顕微鏡システムを株式会社アプコとの共同研究により、設計・試作を実施した。

§ 3 研究実施内容及び成果

本研究では、光を用いて生物試料の微細構造を観察でき、光学顕微鏡の回折限界を超える分解能を有する実時間ナノイメージング法を実現することを目的として研究を進めてきた。本顕微鏡システムでは、収束電子線を用いて蛍光薄膜に照射し、蛍光膜内に微小光源を励起する。電子線を用いるため回折限界を超えた微小な光源を励起することができ、その光源を2次元的に走査することにより、回折限界を超えた分解能を実現することが可能となる。また蛍光薄膜により真空と大気圧を分離することにより、試料側に真空は必要ではなく、通常の光学顕微鏡と同様に、生物試料を生きたまま液中で観察することが可能となる。

本手法の特徴を他の超解像光学顕微鏡法と比較すると次のようにまとめることができる。

表 1. 開発した光ナノイメージング法と他の超解像計測手法との比較

| 比較項目 | STED | PALM/STORM | SIM | 微小点光源による光イメージング | 電子線による直接励起イメージング |
|---------------|-----------------------|----------------|----------------|-----------------|------------------|
| 分解能 (nm) | < 50 | 40 | 120 | < 50 | < 50 |
| 3次元観察 | ○ | △ | △ | × | ○ |
| フレームレート (枚/秒) | 記載なし | 記載なし(非常に遅い) | 0.7 | 10 | 10 |
| 非染色 | × | × | × | ○ | ○(自家蛍光) |
| 吸収・位相 | × | × | × | ○ | × |
| 分光による定性測定 | × | × | × | ○ | ○ |
| 製品例 | Leica TCS SP8 STED 3X | Zeiss ELYRA P1 | Zeiss ELYRA S1 | | |

表 1 にまとめたように本イメージング手法は、

- ・試料の吸収分布、屈折率分布を観察可能
- ・非染色、非破壊で生体試料を観察可能
- ・高速な観察が可能
- ・分光測定による定性分析

などの特徴を有していることが確認できる。とくに、他の超解像顕微鏡技術は、蛍光顕微鏡をベースとしているため、生物試料の染色、ラベリングが必須であり、吸収分布や屈折率分布を観察することはできず、染色により試料に与えるダメージ、染色ムラなどが問題になる。本手法では、蛍光膜内に微小光源を励起し、それにより試料を観察するため、染色は必要でなく、試料の吸収分布、屈折率分布などを観察可能であり、分光測定を組み合わせることにより定性分析も可能となる。また、本 CREST の実施期間中において研究を開始した、電子線による直接励起型の超解像イメージング技術においても、生物試料の自家蛍光を励起できるため、非染色で試料を観察することが可能である。

3. 1 光電変換膜の作製・評価・高機能化(静岡大学 川田グループ)

(1)研究実施内容及び成果

本顕微鏡システムのキーデバイスとなる光電変換膜の作製、評価、高機能化を目的として、製膜方法を開発しその最適化を行なった。光電変換膜に求められる性能としては、

- ・高い空間分納を実現するための微小光源実現可能(薄膜)
- ・試料へのダメージを軽減するために、低加速電圧(< 5kV)で高輝度
- ・均質で平滑な発光膜
- ・長時間観察のために電子線照射に対して安定
- ・分光計測のためのマルチカラー化可能

などが必要となる。そこで本研究では、ZnO と希土類元素をドーブした Y₂O₃ 膜の開発に注力した。具体的には、

- (a)スパッタ ZnO 薄膜のアニーリングによる高機能化
- (b)ALD(atomic layer deposition)法による ZnO の成膜
(浜松ホトニクスによる研究協力)

- (c)PLD(pulsed laser deposition)法による Y_2O_3 の成膜
 (兵庫県立大学 堀田研究室による研究協力)
 (d)電子ビーム蒸着法による Y_2O_3 の成膜
 (e) Si_3N_4 薄膜へのイオン注入による希土類イオンのドーブ
 を実施した。これまでに得られた蛍光膜の発光効率をまとめると次のようになる。

表 2. 開発した蛍光薄膜の発光強度の比較

| | 光子数/pixel | 光電変換比 |
|-----------------|-----------|-------|
| 要求値 | 791 | 0.25 |
| スパッタZnO アニール | 468 | 0.148 |
| ZnO ALD | 108 | 0.034 |
| $Y_2O_3:Eu$ PLD | 30 | 0.008 |

要求値は、画像サイズ 256x256pixel、画像取得速度 10frame/s、信号対雑音比 10 を実現するために必要な光強度を計算から求めた。スパッタ ZnO 膜をアニールする方法では、要求値に比べてまだ発光強度が少ないものの、ほぼ同程度の値が実現できていることがわかる。

(a) スパッタ ZnO 薄膜のアニールによる高機能化

スパッタ法で成膜した ZnO 薄膜についてドーブ量、膜厚、アニール温度などの成膜条件と、加速電圧、照射電流量などの電子線の照射条件を最適化し、その評価を行なった。

基板は、Si 基板上に Si_3N_4 (膜厚 50 nm)を堆積した Si_3N_4/Si 基板を用い、RF マグネトロンスパッタリング法により ZnO を成膜した。成膜は、ZnO ターゲット(純度 99.99%)を用い、成膜時真空度は 0.8 Pa、ガス流量は Ar 25sccm、 O_2 7.5 sccm、RF パワー50 W、基板温度 200° C、スパッタ時間 30 分で行い、約 180 nm の ZnO 膜を形成した。成膜後のアニールは、 N_2 雰囲気中で 800° C、1 時間行った。膜の構造および発光特性は X 線回折(XRD)法、カソードルミネセンス(CL)法により評価を行った。

図 4(a)に作製した ZnO 膜の XRD 測定結果を示す。as-depo とアニール後のどちらの膜からも 34° 付近の ZnO(002)面の回折がみられ、c 軸配向していることがわかった。この回折ピークはアニール前後で強度が増加し、高角度側のバルクの値(34.4°)付近にシフトすることから、成膜時の結晶ひずみ等がアニールにより緩和され、結晶性が向上したと考える。また図 1(b)にアニール後 ZnO 膜の加速電圧 5 kV における CL スペクトルを示す。380 nm 付近のバンド端近傍の紫外発光が強くみられることから、作製した膜が欠陥の少ない、結晶性が良い膜であることを確認した。

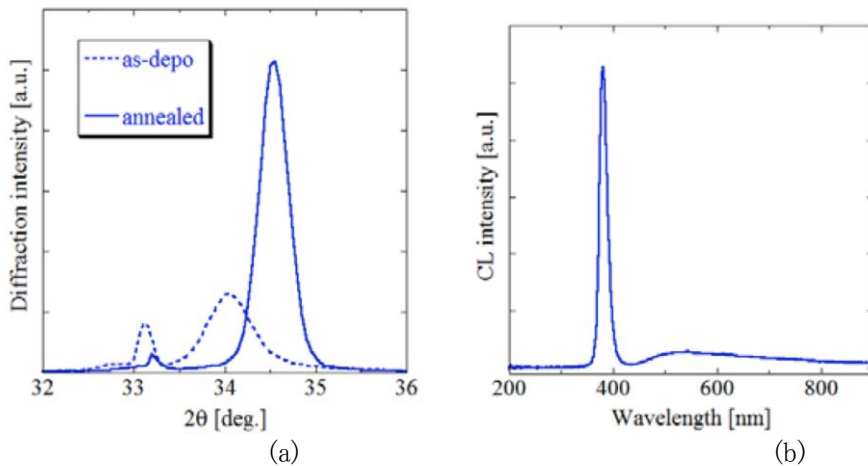


図 4. ZnO の成膜評価結果。(a) XRD の測定結果、(b) CL の測定結果。

ZnO スパッタ膜のアニーリング温度の最適化について検討した。図 5 に N_2 雰囲気中でアニーリング温度を 500~800°C で変化させた場合の CL の変化を示す。アニーリング温度を高くするとともに結晶性が向上し、720 nm 付近の赤色発光が減少し、390 nm 付近の紫外発光が増強されていることがわかる。また酸素欠陥に由来する緑色発光も増大していることがわかる。800°C でアニーリングした場合の CL 強度は、500°C でアニールした場合に比べて深紫外発光で約 10 倍、緑色発光で約 7 倍発光強度が向上している。

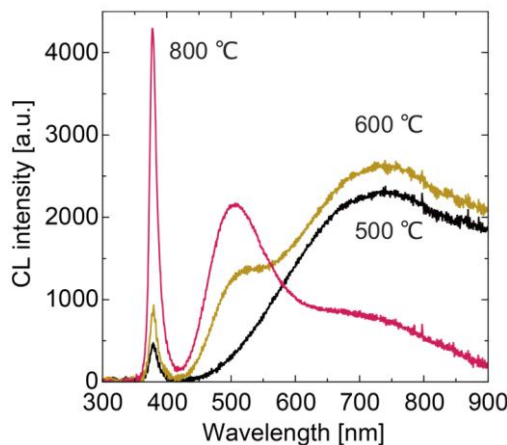


図 5 アニーリング温度による CL スペクトルの変化

図 6 に 800°C でアニーリングを行なった場合と as-depo の状態の表面形状を原子間力顕微鏡(AFM)で観察した結果を示す。800°C でアニーリングした膜では、as-depo 膜に比べて、表面粗さ(RMS)が 2.0 nm から 4.9 nm に大きくなっており、大きさ 100 nm 程度の粒状の構造が形成されていることが確認できる。表面の粒状構造は、微小光源の発光ムラとなることが予想されるため、試料の微細構造の観察では問題になることがわかった。

CL 発光を増強させ、表面粗さを向上させる方法を実現するために、アニーリングの際の雰囲気についても検討した。 H_2 雰囲気、 O_2 雰囲気中でアニーリングを行なった。 H_2 雰囲気中ではスパッタ ZnO 膜が還元されるため、酸素欠陥が増大し、緑色発光が増強する一方で、結晶性はそれほど向上しないことを確認した。

(b)ALD(atomic layer deposition)法による ZnO の成膜(浜松ホトニクスによる研究協力)

ZnO の成膜方法として、ALD(atomic layer deposition)の研究開発も行なった。これは光電子増倍管の高感度化を目的として ALD 法の研究開発を進めている浜松ホトニクスに研究

協力を頂いた。ALD 法は基板上に原子層を一層ずつ積層するため、原子オーダーで膜厚を制御することができ、高い平滑性と格子欠陥の少ない薄膜を実現可能である。

図 11 に ALD 法の成膜手順を示す。Si₃N₄ 基板を 200℃に加熱し、原料ガスを導入することにより、基板表面の水酸基(-OH)に原料ガスの Zn を結合させる。その後酸化剤を噴射し、Zn と結合したメチル基(-CH₃)を水酸基(-OH)に置換する。この手順を繰り返すことにより、基板に ZnO 一層ずつ積層していくことが可能となる。

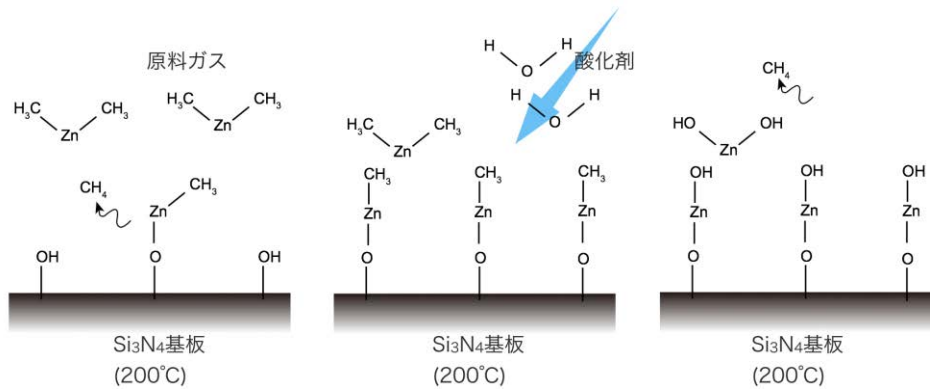


図 11. ALD 法による ZnO 膜の成膜メカニズム

(c)PLD(pulsed laser deposition)法による Y₂O₃ の成膜(兵庫県立大学 堀田研究室による研究協力)

希土類元素をドーパした Y₂O₃ 薄膜は、ドーパする材料を変えることにより発光波長を制御することが可能であり、多色の蛍光膜を実現できる可能性を持つ。図 14 にツリウム Tm (青色)、テルビウム Tb (緑色)、ユーロピウム Eu (赤色)をドーパした Y₂O₃ 材料の CL スペクトルを示す。高い単色性を示す発光が得られることがわかる。また希土類元素をドーパした Y₂O₃ 薄膜は、電子線照射により高い CL 強度を示す材料として知られ、電子線照射に対して安定な材料である。したがって、本材料は電子線励起による光ナノイメージング法の光電変換膜として大きな可能性を有し、発光強度増強のための研究開発を行なった。Y₂O₃ 薄膜の成膜には PLD(pulsed laser deposition)法を用い、PLD 法による成膜に関して多くの実績を有する兵庫県立大学 堀田研究室に研究協力を依頼した。

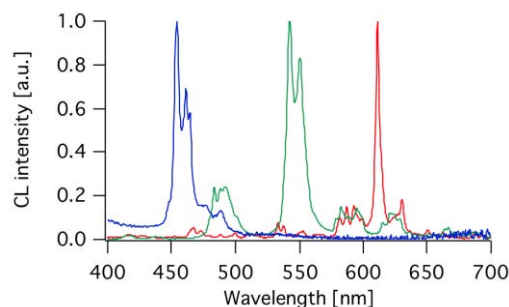


図 14. 希土類ドーパ Y₂O₃ 薄膜の発光スペクトル

図 15 に PLD 法で成膜した Y₂O₃ 膜の XRD 測定結果を示し、図 16 に AFM による表面形状の測定結果を示す。XRD の測定結果では電子ビーム蒸着法に比べて結晶性の高い膜が実現できており、特に基板温度を 200℃から 300℃に上げることで結晶性が大きく向上していることが確認できる。また図 16 の表面形状では平滑な薄膜が形成されており、表面粗さは 5 nm 以下であることが確認できた。

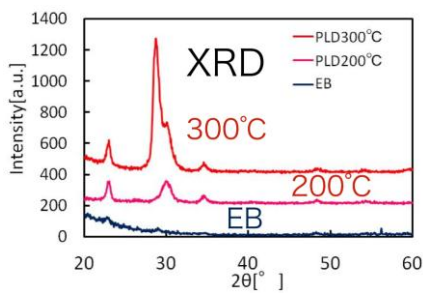
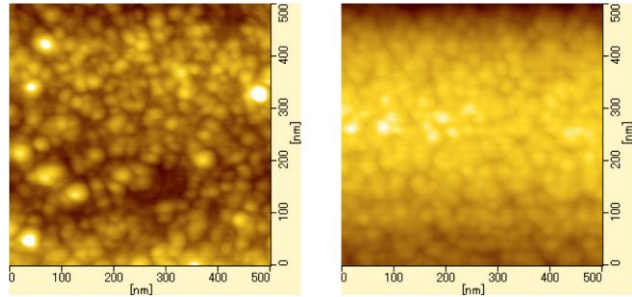


図 15. PLD 膜の XRD 測定結果



(a) 基板温度 200°C (b) 基板温度 300°C

図 16. PLD 膜の表面形状

図 17 に PLD 法で作製した膜の照射電子線に対する CL 強度の依存性を示す。これまで実施してきた電子ビーム蒸着法に比べて、as-depo 膜でも高い発光強度が得られていることを確認した。本手法による成膜条件の最適化、アニーリングとの組み合わせなどにより、より発光強度の高い光電変換膜ができるものと考えられる。

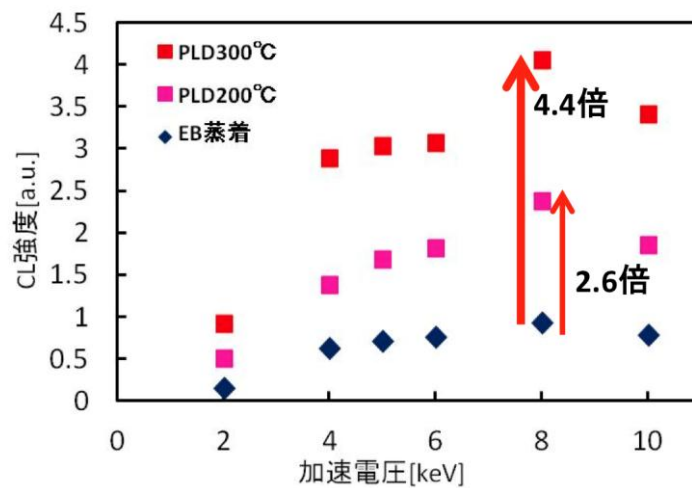


図 17. PLD 膜の CL 強度の電子線加速電圧依存性

(d) 電子ビーム蒸着法による Y_2O_3 の成膜

電子ビーム蒸着法により Y_2O_3 に Eu をドーブした材料を開発し、その発光特性を評価した。 Y_2O_3 薄膜を Si_3N_4 膜上に均一に成膜することに成功し、アニールにより発光強度が大きく増大することも確認した。その一方でアニールにより、 Si_3N_4 薄膜が破れてしまうことが確認できた。

蛍光の空間広がりには主に電子ビームの非弾性散乱によって決定され、蛍光体薄膜の膜厚に依存する。一方、蛍光強度は蛍光体の膜厚および電子線の加速電圧に依存する。これらの予測のもとに蛍光体強度の膜厚、電子線の加速電圧、蛍光体薄膜のポストアニーリング温度依存性について検討した(図 18(a)-(c))。アニーリング温度が高いほど、蛍光体薄膜の膜厚が大きいくほど、CL 強度は増加する。加速電圧が 6 kV 付近で CL 強度はピークに達し、それよりも高い加速電圧ではむしろ減少した。

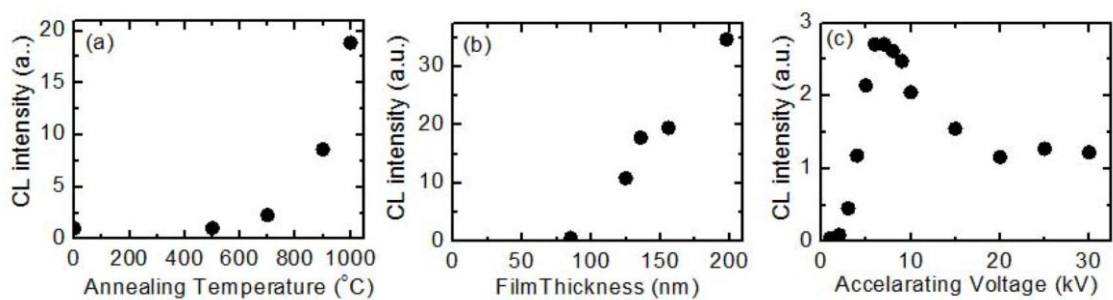


図 18. Y_2O_3 薄膜の結晶性評価。カソードルミネッセンスの(a) アニーリング温度依存性、(b) 膜厚依存性、(c) 加速電圧依存性。

(e) Si_3N_4 薄膜へのイオン注入による希土類イオンのドーブ

高効率発光、高性能発光薄膜の開発を目指して、希土類元素を含む発光薄膜を検討した。希土類元素を含む材料は、高い輝度でカソードルミネッセンスを生じることが知られており、材料を選択することにより、発光波長を選択できるなどの特徴を有する。希土類元素として Sm、Ce、Eu を、イオン注入法により Si_3N_4 膜へドーブした。図 19(a)に加速電圧を変化させたときの発光薄膜の発光強度の変化を示す。いずれの発光薄膜においても加速電圧とともに、発光強度が増加していることが確認できた。加速電圧 5kV において無ドーブの Si_3N_4 薄膜に比べて、13%の発光強度が増強していることが確認できた。さらに発光膜をアニーリング処理することにより、発光が 25%増強することを確認している。図 19(b)にドーブした希土類元素による発光スペクトルを測定した結果を示す。Ce イオンでは波長 410 nm 付近、Sm イオンでは 600 nm 付近で発光ピークを有していることを確認した。光量全体としては、Ce イオンをドーブしたもので 260%、Sm イオンをドーブしたものでは 310%の発光増強を確認した。また、面内の発光強度分布を測定し、ドーブイオンの均一性を評価した。

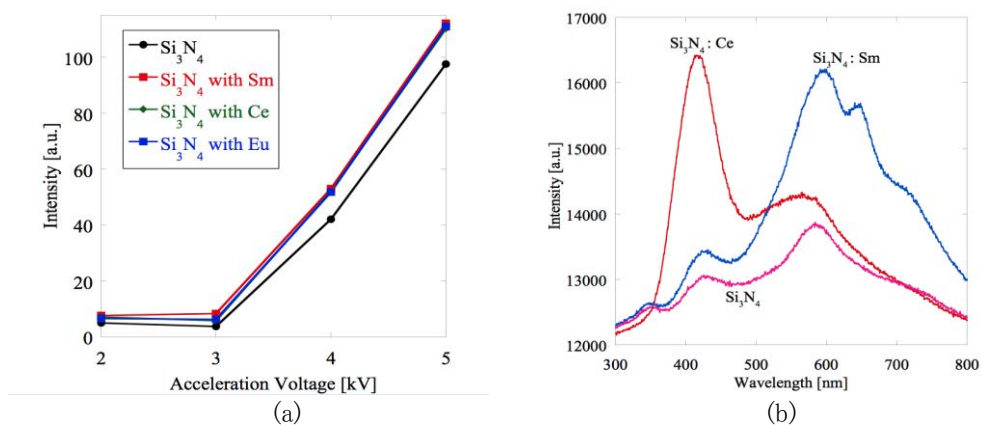


図 19. (a)電子線励起による発光強度および(b)発光スペクトル

3.2 分解能評価のための数値解析手法の開発 (静岡大学川田グループ)

本イメージングシステムの分解能を評価するための新しい数値解析手法を開発した。本手法では、薄膜内での電子線散乱をモンテカルロ・シミュレーションで、電子線で励起された発光の伝搬を有限領域時間差分法で解析した。本解析手法により発光膜表面に近傍に 20 nm 程度の集光スポットが形成されることを確認した。実験結果との比較によりシミュレーション手法の精度を評価した。

図 20 に新たに開発した数値解析手法の原理を示す。本手法では、試料に入射した電子線の膜内の伝搬および散乱をモンテカルロ・シミュレーションで解析し、各散乱過程におけるエ

エネルギー損失、電子の軌跡を求める。その後、電子線の軌跡にそってエネルギー損失に応じて、双極子を配置し、個々の双極子からの光放射および伝搬過程を計算する。双極子からの光伝搬は有限差分時間領域(FDTD)法を用いた。また電子の軌跡上に双極子を配置する際には、電子のエネルギー損失分布を用いた。最後にすべての双極子から放射された光の強度分布を重ねあわせることにより、光電変換膜内に形成される微小光源の光強度分布を導出した。

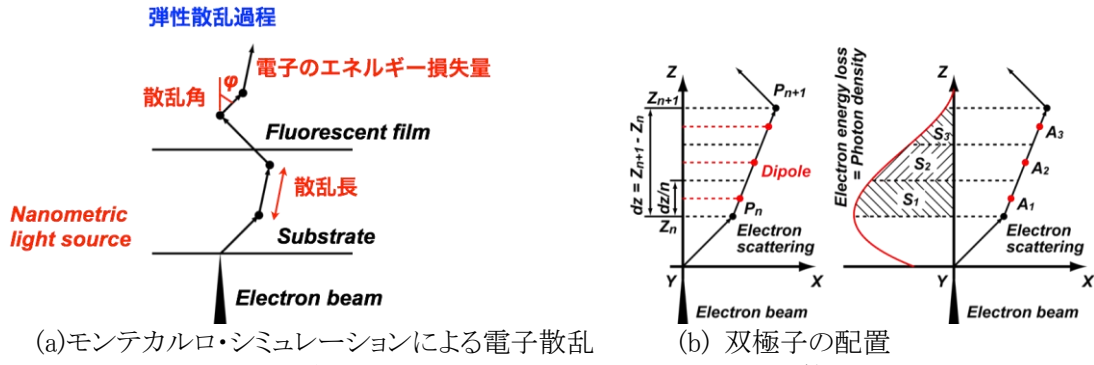


図 20. 新しく開発した数値シミュレーション法の計算手順

図 21 に本手法で求めた加速電圧による電子線散乱の様子を示す。計算モデルとして、 Si_3N_4 基板上に光電変換膜として $\text{Y}_2\text{O}_3:\text{Eu}^{3+}$ を成膜した構成とした。それぞれの膜厚を 50 nm とし、電子散乱の様子は $\text{Y}_2\text{O}_3:\text{Eu}^{3+}$ 膜のみを示した。この分布が微小光源の空間的な広がりを決定するからである。加速電圧が大きくなるにつれて、電子線の散乱が抑制され、空間的な広がりが小さくなっていることが確認できる。

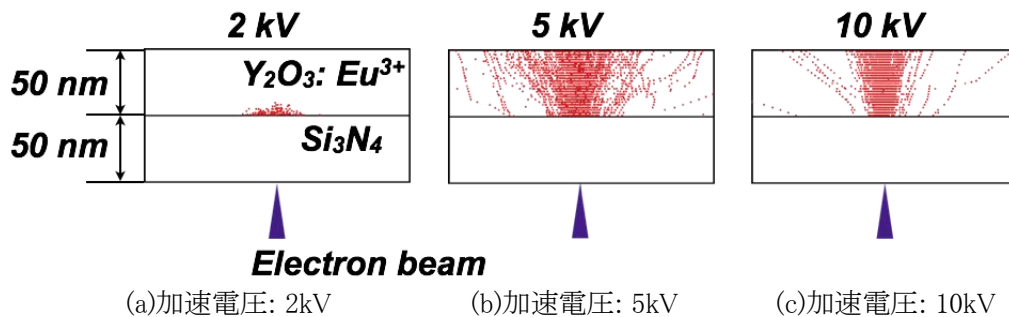


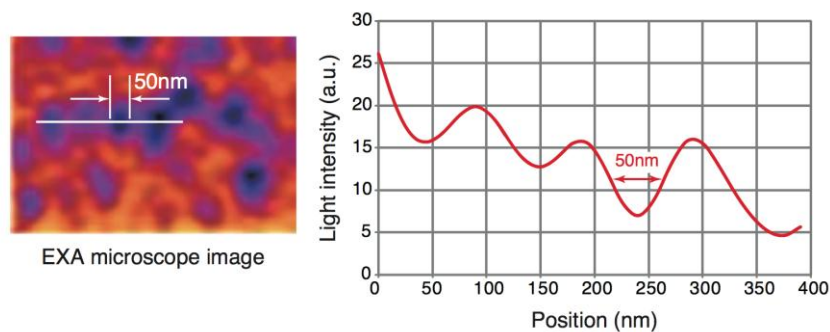
図 21. 加速電圧による光電変換膜内で電子の散乱過程

3.3 微小光源励起システムの評価・改良点の検討(静岡大学 川田グループ)

(1)研究実施内容及び成果

(a) 電子線励起微小光源による光ナノイメージングシステムの分解能評価

分解能評価の基礎実験として、直径 50 nm のラテックスを観察した結果を示す。蛍光膜上に直接ラテックスを配置し、電子線で蛍光を励起した。図 27(a)は検出した蛍光による観察画像、(b)は白線部分の強度プロファイルである。図 27(a)の白線上に存在する 4 つ粒子がそれぞれ分離して観察されており、その強度分布も 50 nm の半値幅となっている。この結果より本顕微鏡システムは 50 nm 以下の分解能を有することが確認できる。



(a) 光ナノイメージング法による観察結果 (b) 白線部分の光強度分布
 図 27. 光ナノイメージング法による 50 nm 微粒子の観察結果

(b) 基礎システム設計と改良

電子線による微小光源を励起するための基礎システムを設計、改良を進めてきた。高速に電子を走査するために、電界放出型 SEM(FE-SEM)を基礎システムに用いる構成を開発した。

・カソードルミネッセンス取得装置の導入

作製した蛍光薄膜を評価するためにカソードルミネッセンスの測定装置を日本電子社製走査型電子顕微鏡 JSM-7001F に導入した。これにより高い空間分解能(1.2 nm@30 kV)で蛍光薄膜の評価を行なうことが可能となった。測定可能な波長範囲は、250 nm から 1100 nm である。この波長範囲は、一般的な光学顕微鏡で使用する波長をカバーしており、発光強度や発光波長について評価した。発光強度は、加速電圧に依存するため、発光強度と加速電圧の関係を明らかにすることは重要であるため、本装置を用いて、蛍光薄膜の最適な加速電圧、膜厚を評価する。さらに、顕微鏡システムで画像を取得するために、蛍光体膜の均一性を評価することが可能となった。本装置を用いることで、蛍光体薄膜の形状や発光波長・強度、発光の均一性等を評価し、最適な蛍光薄膜を作製した。

・光軸調整機構の導入

電子線励起微小光源を用いた光学顕微鏡では、微小光源を励起するための電子線とその発光を検出するための光学系の光軸を一致させる必要がある。光軸が一致していないと、画像の明るさが均一ではなくなるからである。そこで、微小光源の発光を検出する光学系を面内に動かすための XY ステージを導入した。図 29 に、ステージを改良した電子励起微小光源を用いた光学顕微鏡を示す。発光を検出するための光学顕微鏡を XY ステージに載せることで、電子線と光学顕微鏡の軸の調整を可能にした。図 30 に光軸調整前後に取得した画像を示す。光軸調整後には、画像の明るさが均一になっていることが分かる。それに対して、光軸調整前には、画像の下部が暗くなっている。そのため、下部の情報を失ってしまっている。それぞれの光軸を合わせる機構を導入し、システムを改良したことにより、より効率的に光信号を集めることが可能となった。

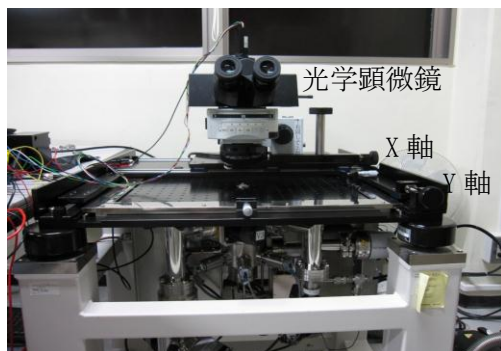


図 29. 光軸調整ステージ

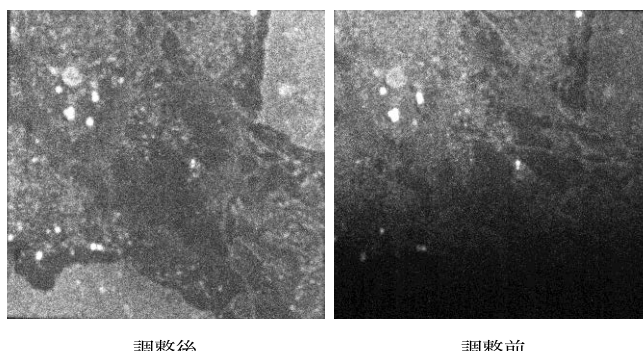


図 30. 光軸調整前後での画像の違い

・画像取得速度の高速化

電子線走査の制御を見直すことにより、100 フレーム/秒の画像取得可能なシステムを構築した。これまでは、画像を1枚取得するごとにデータを保存していた。この保存時間がボトルネックとなり、画像取得速度が 10 フレーム/秒に制限されていた。そこで、データの保存にストリーミング技術を用いた。マルチコア CPU の特性を生かし、データを取得しながら、データの保存を行うことで、画像取得速度の高速化を実現した。これにより、高速な現象を高分解能で取得することを可能とした。

このシステムを用いて、液中の酸化亜鉛(ZnO)粒子の動的観察を行なった。電子線で ZnO を直接励起し、その発光を取得した。図 31 に取得した画像を示す。取得した動画のうち、0.5 秒間のフレームを抜き出した。フレームレートは、30 フレーム/秒である。ZnO 粒子が液体の流れに乗って、右下から左上へ移動する様子が観察できた。0.266 秒から ZnO 粒子の光強度が弱くなっていることが分かる。これは、ZnO 粒子が焦点面から外れたためである。0.366 秒では、再び ZnO 粒子が焦点面に戻ったことが分かる。このように、高速な動きが観察できることを示した。

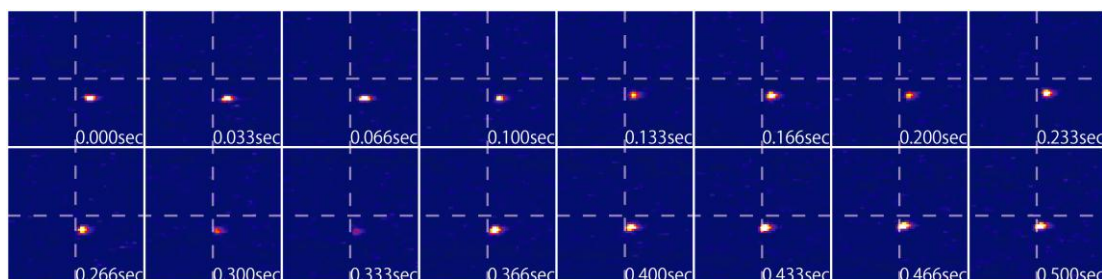


図 31. ZnO の動画観察結果。 30 フレーム/秒。

3.4 電子線直接励起による生体試料の観察(静岡大学 川田グループ)

本 CREST 期間中に生物試料に直接電子線を照射し、染色試料や細胞の自家蛍光を励起して検出する、電子線直接励起による生体試料の観察方法を提案し、その原理検証を行うとともに有効性を確認した。図 32 に電子線で試料の蛍光色素を直接励起するイメージング法の原理を示す。本手法では、電子線を真空と大気圧分離する薄膜を透過させて、直接試料に照射し、試料をラベリングした蛍光分子や試料の自家蛍光を励起し検出する。レーザー走査蛍光顕微鏡において、蛍光分子を励起するためのレーザー光源を収束電子線に置き換えたものである。収束電子線を用いているため、高分解能を実現することができ、また薄膜で大気と真空を分離するため生きた生物試料の観察が可能である。

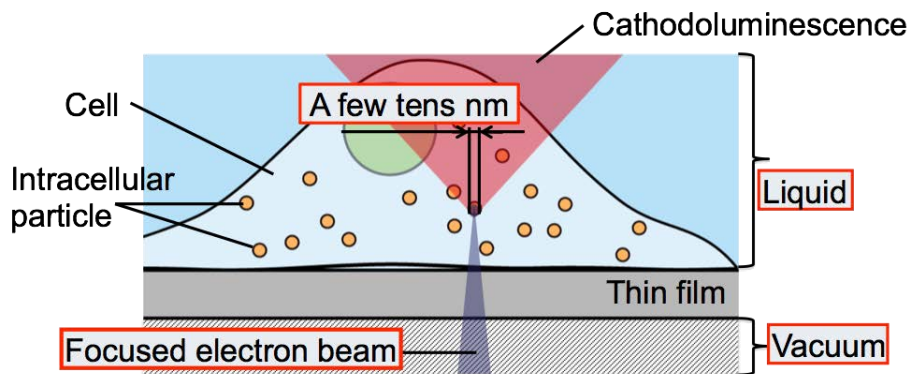


図 32. 電子線直接励起によるイメージング法の原理

(a) 蛍光性ナノダイヤモンドを用いた細胞の観察

蛍光性ナノダイヤモンドを MARCO 細胞に付着させ、また HeLa 細胞にエンドサイトーシスにより取り込ませ、動態観察を行なった。蛍光性ナノダイヤモンドは化学的に安定であるため生体適合性が高く、電子線により強い発光を示すと同時に光でも励起可能である。またドーピングする不純物により発光波長を制御することができる。図 33 に本研究で用いたナノダイヤモンドの発光スペクトルを示す。ナノダイヤモンドの大きさはともに 100 nm 程度である。緑色と赤色に発光する二種類の蛍光性ナノダイヤモンドを使用した。緑色と赤色を同時に観察可能な検出システムを構築し、細胞内のナノダイヤモンドを観察した。

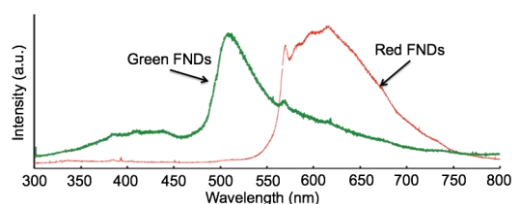


図 33. 細胞に取り込ませたナノダイヤモンドの発光スペクトル

3.5 光ナノイメージングのための生物試料のマニピュレーション法の確立と評価
(常葉大学 寺川グループ)

Si_3N_4 薄膜上および ZnO 蛍光膜、 Y_2O_3 蛍光膜上に CHO 細胞や HeLa 細胞、MARCO 細胞など様々生物試料を培養に成功し、細胞培養のための基板の改質方法を開発した。とくに、MARCO-GFP を発現した樹状細胞というユニークな細胞を培養し、その樹状突起におけるナノダイヤモンドの吸着と運搬の過程を観察するための環境を整えた。これにより研究項目 1 で開発した蛍光膜上に細胞を培養し、研究項目 2 および 3 で開発したイメージングシステムで観察することを可能とした。 Si_3N_4 基板で生物を培養するために、 Si_3N_4 薄膜の表面をカルボキシル基で改質し、生体適合性を向上させた。また、密着性を向上させた基板上に HeLa 細胞を培養し、電子線励起による観察を行なった。密着性を向上させたことにより、試料内部の顆粒の分布などが高分解能で観察できることを確認した。また、蛍光性ナノダイヤモンドを細胞内に取り込ませ、細胞内部の動態観察を行う方法を開発した。さらに、電子線を生細胞に照射することで細胞が破壊される効果を低減させるために、 Si_3N_4 膜上に金蒸着を施して電子が生体標本にまで透過することを阻止する方法を開発した。

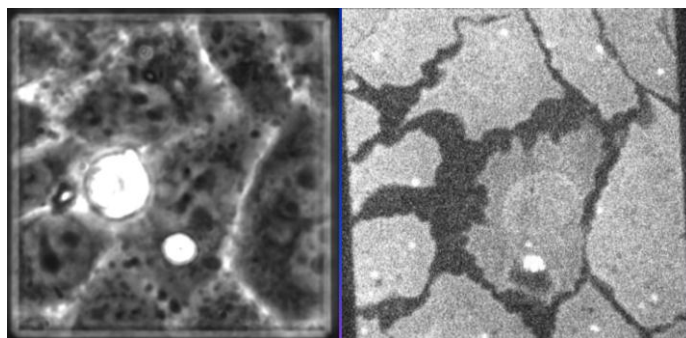
上記細胞標本にて、多少の明るさの差があったが、いずれの場合も、無処理にて自発的なカソード・ルミネッセンス(CL)が認められ、細胞が Si_3N_4 膜に接着した部分の全形が画像化で

きた。細胞辺縁まではっきりした形が追えたが、発光強度は十分には高くなく、ノイズの混ざる画像となり、最も繊細な構造である、フィロポディアや樹状突起は描出されにくかった。しかし、細胞内に、少数の輝点があり、何らかの顆粒が明るく描画されることがわかった。ときにはそれが1分ほどに亘って動くのが記録できた。大きさは、 $0.1\ \mu\text{m}$ ほどの小さいものもあった。

本手法により、水溶液中の生きた細胞の直接的電子線励起蛍光画像がこれまでにない鮮明さで捉えられた。細胞が全体として想像以上の明るい自然 CL を持つことが明らかになった。このような性質はこれまで全く知られておらず、大きな発見といえる。

ZnO の微小顆粒を溶液に混ぜると、細胞がそれらを補足し、細胞内に取り込むのが観察された。これによって、マーキングの第一段階が達成された。図 42 に MARCO 細胞の培養液に ZnO 粒子を加え、培養した後の観察結果を示す。図 42(a)は位相差顕微鏡による観察結果、図 42(b)で電子線照射によるカソードルミネッセンス像である。電子線照射により明るい輝点が観察されており、添加した ZnO 粒子による発光が観察できている。培養液に加えた ZnO 粒子は、細胞内に取り込まれているのか、表面に付着しているのかは現状では確認できていないが、ZnO 粒子表面に特定の部位に結合する反応基を修飾することで、細胞の特定部位に付着させることができるものと考えられる。

図 42(b)において、細胞の形状および核がカソードルミネッセンスにより観察できていることがわかる。これは細胞の自家蛍光による発光と考えている。自家蛍光により発光している物質を特定することにより、カソードルミネッセンスに適した蛍光指示薬が開発できる可能性がある。



(a) 位相差顕微鏡像 (b) 電子線照射によるカソードルミネッセンス像

図 42. ZnO 粒子による細胞のマーキング

また、細胞の損傷も電子線の照射条件に依存して生じることが確認できた。加熱反応により、細胞内の微小構造の膨化が起き、それらが破裂するまでに至った。画質を上げるためには、明るい輝点が必要となったが、電子線の加速電圧や電流密度を上げて、発光強度を大きくすると、細胞の損傷が著しくなり、正常な構造が失われた。

顕微鏡用レンズの使用により集光効率を上げたところ、細胞全体が明るくなるような画像に変化した。光学顕微鏡における全反射照明蛍光顕微鏡 (TIRF-M) と類似の画像が得られた。このような画像は、細胞の種類または培養の条件によってその明るさが変わることが分かった。現在のところ、GFP-MARCO を強制発現させた細胞が最も明るいカソードルミネッセンス像を呈した。この細胞では長く細い ($100\ \text{nm}$) 樹状突起を生ずることが多いが、その突起も観察できることを確認した。これらの観察できる時間は数秒と短く、時々刻々と細胞の形態が変化し、電子線照射の障害効果が現れることが確認できた。

§ 4 成果発表等

(1)原著論文発表 (国内(和文)誌 5 件、国際(欧文)誌 49 件)

〈国内〉

1. 伊東 聡、岩田 太、中尾 秀信、七里 元晴, “マイクロ磁気プローブで操作された磁性体微粒子による生体試料のマニピュレーション,” 精密工学会誌, Vol.76 (1), pp. 64-68, (2010)
2. 松村 行真, 居波 涉, 川田 善正, “自己組織多孔膜のナノ秒パルスレーザー照射による構造制御,” レーザー研究, Vol. 39 (2), pp. 129-132, (2011)
3. 宮川 厚夫, 石川 達也, 川田 善正, “レーザーによる単一細胞分離の基礎的検討,” レーザー研究, Vol. 39 (2), pp. 123-128, (2011)
4. 黄川田 昌和, 小野 篤史, 居波 涉, 川田 善正, “深紫外光プラズモン励起とその蛍光増強に関する研究,” レーザー研究, Vol. 41 (3), pp. 191-195, (2013)
5. 古川 太一, 金森 聡, 福田 真大, 名和 靖矩, 小南 裕子, 中西 洋一郎, 杉田 篤史, 居波 涉, 川田 善正, “電子線励起アシスト光学顕微鏡のためのナノ光源の開発,” レーザー研究, Vol. 43, No. 3, pp. 164-168, (2015)

〈国際〉

1. Y. Matsuda, Y. Hayashi, A. Sugita, S. Tasaka, “Optically anisotropic structure of amides formed by the reformation of the hydrogen bonds induced by high frequency electric field,” Journal of Molecular Liquid, Vol. 152 (1-3), pp. 53-56, (2010)
2. R. Kakei, A. Ogino, F. Iwata, M. Nagatsu, “Production of ultrafine atmospheric pressure plasma jet with nano-capillary,” Thin Solid Films, Vol. 518 (13), pp. 3457-3460, (2010)
3. E. V. A. Premalal, G. R. R. A. Kumara, R. M. G. Rajapakse, M. Shimomura, K. Murakami, A. Konno, “Tuning chemistry of CuSCN to enhance the performance of TiO₂/N719/CuSCN all-solid-state dye-sensitized solar cell,” Chem. Commun., Vol. 46 (19), pp. 3360-3362, (2010)
4. W. Inami, K. Nakajima, A. Miyakawa and Y. Kawata, “Electron beam excitation assisted optical microscope with ultra-high resolution,” Optics Express, Vol. 18 (12), pp. 12897-12902, (2010)
5. K. Kato, A. Ono, W. Inami, Y. Kawata, “Plasmonic nanofocusing using a metal-coated axicon prism,” Optics Express, Vol. 18 (13), pp. 13580-13585, (2010)
6. C. Moriguchi, W. Inami, C. Egami, Y. Kawata, S. Terakawa, M. Tsuchimori, O. Watanabe, “Near-field recording technique for high-resolution fluorescent imaging,” Applied Physics Letters, Vol. 96 (24), pp. 243103-1-3, (2010)
7. A. Konno, E.V.A. Premalal, “Recent development of dye-sensitized solid-state solar cell,” J. Photopolym. Sci. Tech., Vol. 23 (2), pp. 279-282, (2010)
8. M. Tsuji, W. Inami, Y. Kawata, “Alignment-Free Fiber Confocal Microscope and All-Fiber Optical System for Multilayered Optical Memories,” Japanese Journal of Applied Physics, Vol. 49, pp. 08KF03, (2010)
9. S. Ito, T. Keino, and F. Iwata, “Volume control of metal-plating deposition using a nanopipette probe by controlling electric charge,” Japanese Journal of Applied Physics, Vol. 49 (8), pp. 08LB16-08LB16-5, (2010)
10. F. Iwata, Y. Mizuguchi, K. Ozawa, and T. Ushiki, “Operation of self-sensitive cantilever in liquid for multiprobe manipulation,” Japanese Journal of Applied Physics, vol. 49 (8), pp. 08LB14-08LB14-5, (2010)
11. Y. Matsumura, W. Inami, and Y. Kawata, “Laser light control of self-organization process,” Journal of Nonlinear Optical Physics & Materials (JNOPM), Vol. 19 (4), pp. 745-751, (2010)

12. A. Sugita, M. Morimoto, N. Mase, Y. Kawata, "Linear and nonlinear optical properties of disperse red dyes in poly-(cyano phenylene sulfide)," *Chemical Physics Letters*, Vol. 501 (1-3), pp. 39-43, (2010)
13. Y. Watanabe, W. Inami, Y. Kawata, "Deep-ultraviolet light excites surface plasmon for the enhancement of photoelectron emission," *J. Appl. Phys.* Vol. 109(2), pp. 023112, (2011)
14. A. Ono, H. Sano, W. Inami, K. Kato, Y. Kawata, "Plasmonic nanofocusing by axicon-shape Kretschmann configuration", *Proceedings of SPIE*, pp. 8204, (2011)
15. Y. Matsumura, W. Inami, Y. Kawata, "Laser Control of Self-Organized Micro-porous Structure by a Shock Wave Induced with a Nano-Second Pulse," *International Journal of Optomechatronics*, Vol. 5 (2), pp. 97-106, (2011)
16. S. Ito, F. Iwata, "Nanometer-Scale Deposition of Metal Plating Using a Nanopipette Probe in Liquid Condition," *Jpn. J. Appl. Phys.*, Vol. 50, pp. 08LB15(6pages), (2011)
17. F. Iwata, Y. Mizuguchi, H. Ko, T. Ushiki, "Nanomanipulation of Biological Samples Using a Compact Atomic Force Microscope Under Scanning Electron Microscope Observation," *Journal of Electron Microscopy*, Vol. 60 (6), pp. 359366, (2011)
18. A. Sugita, M. Morimoto, Y. Tamaki, N. Mase, Y. Kawata, S. Tasaka, "Self-Organizing Second-order Nonlinear Susceptibility in NLO-Chromophore Doped Amorphous Ferroelectric Polymers, Poly (Cyanophenylene Sulfide)," *Optical Material Express*, Vol. 2 (1), pp. 2-10, (2012)
19. S. Ito, K. Ito and F. Iwata, "Probe Type Micro Magnetic Manipulator Utilizing Localized Magnetic Field with Closed-Loop Magnetic Path," *Int. J. Nanomanufacturing*, Vol. 8 (1/2), pp. 161-172, (2012)
20. T. Takami, F. Iwata, K. Yamazaki, J. W. Son, J. K. Lee, B. H. Park, T. Kawai, "Direct Observation of Potassium Ions in HeLa Cell with Ion-Selective Nano-Pipette Probe," *J. Appl. Phys.*, Vol. 111, p. 044702, (2012)
21. Y. Nawa, W. Inami, A. Chiba, A. Ono, A. Miyakawa, Y. Kawata, S. Lin and S. Terakawa, "Dynamic and High-Resolution Live Cell Imaging by Direct Electron Beam Excitation," *Optics Express*, Vol. 20 (5), pp. 5629-5635, (2012)
22. A. Ono, H. Sano, W. Inami, and Y. Kawata, "Surface plasmon excitation and localization by metal-coated axicon prism", *Micromachines*, Vol. 3 (1), pp. 55-61, (2012)
23. K. Suto, A. Konno, Y. Kawata, S. Tasaka and A. Sugita, "Adsorption Dynamics of the N719 Dye on Nanoporous Titanium Oxides Studied by Resonance Raman Scattering and Fourier Transform Infrared Spectroscopy," *Chemical Physics Letters*, Vol. 536, pp. 45-49, (2012)
24. H. Nakao, S. Tokonami, T. Hamada, H. Shiigi, T. Nagaoka, F. Iwata, and Y. Takeda, "Direct observation of one-dimensional plasmon coupling in metallic nanofibers prepared by evaporation-induced self-assembly with DNA," *Nanoscale*, Vol. 4, pp. 6814-6822, (2012)
25. W. Inami, J. Fujiwara, M. Fukuta, A. Ono and Y. Kawata, "Analysis of electron and light scattering in a fluorescent thin film by combination of Monte Carlo simulation and finite-difference time-domain method," *Applied Physics Letters*, Vol. 101 (15), pp. 151104-151107, (2012)
26. W. Inami, K. Nanbu, A. Miyakawa and Y. Kawata, "Formation of Quantum Dot Fluorescent Monolayer Film using Peptide Bond," *Transactions of the Society of Information Storage Systems*, Vol. 8 (1), pp. 1-5, (2012)
27. T. Ushiki, M. Nakajima, M. Choi, S. J. Cho and , F. Iwata, "Scanning ion conductance microscopy for imaging biological samples in liquid: A comparative study with atomic force microscopy and scanning electron microscopy," *Micron*, Vol. 43, pp. 1390-1398, (2012)

28. F. Iwata, Y. Mizuguchi, H. Ko and T. Ushiki, "A compact nano manipulator based on an atomic force microscope coupling with a scanning electron microscope or an inverted optical microscope", *J Micro-Bio Robot*, Vol. 8 (1), pp. 25-32, (2013)
29. W. Inami, Y. Nawa, Y. Kawata, "Nanophotonics for Live Cell Observation with High Resolution", 2013 International Conference on QiR (Quality in Research), pp. 1-4, (2013)
30. A. Ono, M. Kikawada, R. Akimoto, W. Inami, Y. Kawata, "Fluorescence enhancement with deep-ultraviolet surface plasmon excitation", *Optics Express*, Vol. 21 (15), pp. 17447-17453, (2013)
31. S. Suzuki, A. Konno, K. Okada, "Photoinduced electron transfer of platinum(II) bipyridine diacetylides linked by triphenylamine- and naphthaleneimide- derivatives and their application to photoelectric conversion systems", *Phys. Chem. Chem. Phys.*, Vol. 15 (21), pp. 8088-94, (2013)
32. A. Chiba, S. Tanaka, W. Inami, A. Sugita, K. Takada and Y. Kawata, "Amorphous silicon nitride thin films implanted with cerium ions for cathodoluminescent light source," *Optical Materials*, Vol. 35 (11), pp. 1887-1889 (2013)
33. F. Iwata, Y. Ohashi, I. Ishisaki, L.M. Picco, T. Ushiki, "Development of nanomanipulator using a high-speed atomic force microscope coupled with a haptic device", *Ultramicroscopy*, Vol. 133, pp. 88-94, (2013)
34. W. Inami, N. H. Viet, A. Miyakawa and Y. Kawata, "Intracellular Calcium Ion Concentration Measurement Using a Phase-modulation Fluorescence Lifetime Method with Compensation for Phase Shift due to the Presence of Proteins," *ANALYTICAL SCIENCES*, Vol. 29 (2), pp. 199-203, (2013)
35. A. Sugita, Y. Sato, K. Ito, K. Murakami, Y. Tamaki, N. Mase, Y. Kawata, S. Tasaka, "Second-order nonlinear optical susceptibilities of nonelectrically poled DR1-PMMA guest-host polymers", *J. Phys. Chem. B*, Vol. 117 (47), pp.14857-14864, (2013)
36. A. Sugita, M. Kamiya, C. Morita, A. Miyake, Y. Nawa, Y. Masuda, W. Inami, H. Kominami, Y. Nakanishi, Y. Kawata, "Nanometric light spots of cathode luminescence in $Y_2O_3:Eu^{3+}$ phosphor thin films excited by focused electron beams as ultra-small illumination source for high-resolution optical microscope", *Optical Materials Express*, Vol. 4 (1), pp. 155-161, (2014)
37. K. Ito, Y. Sato, R. Takasu, N. Mase, Y. Kawata, S. Tasaka, A. Sugita, "Second order nonlinear optical susceptibilities in non-electrically poled guest-host polymers with novel tricyanofuran chromophores", *Jpn. J. Appl. Phys.* Vol. 53, pp. 01AD09, (2014)
38. Y. Nawa, W. Inami, A. Miyake, A. Ono, Y. Kawata, S. Lin, S. Terakawa, "Dynamic autofluorescence imaging of intracellular components inside living cells using direct electron beam", *Biomedical Optics Express*, Vol. 5 (2), pp. 378-386, (2014)
39. A. Ono, M. Kikawada, W. Inami, Y. Kawata, "Surface plasmon coupled fluorescence in deep-ultraviolet excitation by Kretschmann configuration", *Frontiers of Physics*, Vol. 9 (1), pp. 60-63, (2014)
40. F. Iwata, K. Yamazaki, K. Ishizaki, T. Ushiki, "Local electroporation of a single cell using a scanning ion conductance microscope", *Jpn. J. Appl. Phys.*, Vol. 53, pp. 036701 (5 pages), (2014)
41. N. Dematage, E.V.A. Premalal, A. Konno, "Employment of CuI on Sb_2S_3 Extremely Thin Absorber Solar Cell: N719 Molecules as a Dual Role of a Recombination Blocking Agent and an Efficient Hole Shuttle", *Int. J. Electrochem. Sci.*, Vol. 9, pp. 1729-1737, (2014)
42. Y. Nawa, W. Inami, S. Lin, Y. Kawata, S. Terakawa, C. Y. Fang, H. C. Chang, "Multi-Color Imaging of Fluorescent Nanodiamonds in Living HeLa Cells Using Direct Electron-Beam Excitation", *ChemPhysChem*, Vol. 15 (4), pp. 721-726, (2014)
43. A. Miyake, S. Kanamori, Y. Nawa, W. Inami, H. Kominami, Y. Kawata and Y. Nakanishi,

- “Formation of ZnO luminescent films on SiN films for light source of high-resolution optical microscope,” Japanese Journal of Applied Physics, Vol. 53 (4S), pp. 04EH11-1 – 04EH11-6, (2014)
44. M. Kikawada, A. Ono, W. Inami, Y. Kawata, “Enhanced multicolor fluorescence in bioimaging using deep-ultraviolet surface plasmon resonance”, Applied Physics Letters, Vol. 104 (22), pp. 223703, (2014)
 45. S. Ito and F. Iwata, “Development of a Self-Sensing probe for Local Depositions in Liquid Condition”, International Journal of Nanomanufacturing, Vol.10 (4), pp. 390-403, (2014)
 46. Takai, H. Nakao, F. Iwata, “Three-dimensional microfabrication using local electrophoresis deposition and a laser trapping technique,” Optics Express, Vol. 22 (23), pp. 28109-28117, (2014)
 47. C. Y. Kong, Y. Shiratori, T. Sako, F. Iwata, “A Green Approach for Highly Reduction of Graphene Oxide by Supercritical Fluid,” Advanced Materials Research, Vol. 1004-1005, pp. 1013-1016, (2014)
 48. A. Ono, N. Shiroshita, M. Kikawada, W. Inami, Y. Kawata, “Enhanced photoelectron emission from aluminum thin film by surface plasmon resonance under deep-ultraviolet excitation,” J. Phys. D: Appl. Phys., Vol. 48, pp. 184005, (2015)
 49. W. Inami, M. Fukuta, Y. Masuda, Y. Nawa, A. Ono, S. Lin, Y. Kawata, S. Terakawa, “A plastic scintillator film for an electron beam-excitation assisted optical microscope,” Optical Review, (2015)

(2)その他の著作物(総説、書籍など)

1. 川田 善正, “第 1 章 近接場光学の基礎と発生,” pp. 1-19, “第 7 章 深紫外光表面プラズモン,” pp. 76-87, 「近接場光のセンシング・イメージング技術への応用」, 監修 民谷 栄一, 朝日剛, シーエムシー出版, 2010
2. 昆野 昭則, “色素増感太陽電池のゲル化および固体化, 「人工光合成と有機系太陽電池」,” 化学同人, 第12章, pp. 120-126, 2010
3. 岩田 太, 牛木 辰男, “電子顕微鏡におけるAFMのマニピュレータ利用,” O plus E, Vol. 34 (3), pp. 229-233, 2012
4. 牛木 辰男, 中島 真人, 岩田 太, “走査型イオン伝導顕微鏡のバイオ応用,” 表面科学, Vol. 34 (9), pp. 482-487, 2013
5. 岩田 太, 「3D で探る 生命の形と機能」 NPO 法人総合画像研究支援, 6.走査型電子顕微鏡による3D 技法(pp.67~), 6.6.2 ステレオ 3D イメージングとマニピュレーション(pp.89), 2013
6. 川田 善正, はじめての光学, 全 223pages, 2014

(3)国際学会発表及び主要な国内学会発表

① 招待講演 (国内会議 39 件、国際会議 36 件)

(国内)

1. 川田 善正, “電子線励起による高分解能顕微鏡の開発,” True Nano 研究会, 静岡大学, 2010.1.26
2. 川田 善正, “フェムト秒レーザーを用いた光ナノ加工と 3 次元計測,” 日本混相流学会 年会講演会 2010(浜松) 日本学術会議第 29 回混相流シンポジウム 日本学術会議第 29 回混相流シンポジウム, 静岡大学, 2010.7.18
3. 川田 善正, 居波 涉, “ナノバイオイメージングのための電子線励起光学顕微鏡の開発,” CREST 講演会 光で拓く細胞から計測の世界, 法政大学, 2010.8.31
4. 川田 善正, “顕微分光法の基礎・蛍光顕微分光法,” “非線形光学顕微分光法,” 日本分光学会第 46 回夏期セミナー「顕微分光法-ナノ・マイクロの世界をみる分光法」, 幕張メ

- ッセ, 2010.9.1
5. 岩田 太, “ナノマニピュレーションを目指したプローブ顕微鏡技術開発,” 2010 年度精密工学会秋季大会, 2010.9.27
 6. 川田 善正, “電子線励起ナノイメージング法 (EXA 顕微鏡) の開発,” 2010 はままつ研究会, 静岡大学, 2010.10.10
 7. 岩田 太, “走査型プローブ顕微鏡の位置決め技術, ポジショニング EXPO 2010,” ポジショニング特別セミナー, 2010.11.10
 8. 岩田 太, “プローブ顕微鏡を用いたナノマニピュレーション技術の開発,” 連携大学院による地域型新生モノづくり教育推進プロジェクト「グローバルナノファブリケーションを實踐する創造型人材の育成」, 埼玉大学, 2010.11.29
 9. 川田 善正, “ナノスケールの分解能をもつ高分解能光学顕微鏡の開発,” 浜松工業会ヤマハ発動機支部総会, 浜松, 2011.1.9
 10. 岩田 太, “プローブ顕微鏡を用いたナノ加工及びナノマニピュレーション技術,” 文部科学省科学技術振興調整費地域再生人材創出拠点形成「信州・諏訪圏精密工業の活性化人材の養成」信州大学大学院総合工学系研究科博士課程専門職コース 第2回ワークショップ, 2011.2.22
 11. 川田 善正, “極限画像科学のための光ナノイメージング法の開発,” 極限画像科学シンポジウム, 静岡大学, 2011.3.14
 12. 岩田 太, “プローブ顕微鏡を用いたナノ加工及びナノマニピュレーション技術,” 第 72 会デスクトップファクトリー研究会, 2011.3.17
 13. 岩田 太, 牛木 辰男, “S-8 走査型プローブ顕微鏡ナノマニピュレータの開発と生体試料解析・解剖への応用,” 日本顕微鏡学会第 67 回学術講演会, 福岡国際会議場, 2011.5.18
 14. 川田 善正, “バイオ試料観察のための光ナノイメージング法の開発,” 応用物理学会有機分子・バイオエレクトロニクス分科会(有機バイオ表面界面研究会), 幕張メッセ国際展示場, 2011.9.9
 15. 居波 涉, 川田 善正, “電子線励起微小光源を利用した高分解能光学顕微鏡の開発,” 日本分光学会北海道支部シンポジウム, 北海道大学, 2011.10.6
 16. 川田 善正, 居波 涉, “電子線励起による高分解能光学顕微鏡の開発,” 電顕技術開発若手研究部会第 3 回ワークショップ, 名古屋ファインセラミックスセンター, 2012.1.5
 17. 川田 善正, 居波 涉, 名和 靖矩, “バイオイメージングのための高分解能電子線励起アシスト(EXA)顕微鏡,” 日本顕微鏡学会バイオメディカルニューマイクロスコープ分科会, 帝京大学, 2012.3.6
 18. 川田 善正, 居波 涉, 名和 靖矩, “ナノバイオのための高分解能光学顕微鏡の開発,” 光・量子デバイス研究会, 静岡大学, 2012.3.9
 19. 岩田 太, “SPM を用いたマニピュレーションとバイオへの応用,” バイオ SPM 研究会, 新世代研究所, 2012.3.9
 20. 岩田 太, “「プローブ顕微鏡関連の位置決め技術」PE2 位置決め技術の応用事例,” Optics & Photonics International 2012 ポジショニング特別セミナー, パシフィコ横浜, 2012.4.26
 21. 川田 善正, 居波 涉, 名和 靖矩, “電子線励起を用いた生物試料のための光ナノイメージング法の開発,” 日本顕微鏡学会第 68 回学術講演会, つくば国際会議場, 2012.5.14
 22. 岩田 太, “SPM を用いた微細加工とマニピュレーション,” 精密工学会 生産自動化委員会, 中央大学, 2012.9.28
 23. 川田 善正, 牛田 啓介, 居波 涉, “炭素繊維強化プラスチックのナノ秒レーザー加工,” レーザー学会第 434 回研究会「次世代レーザー加工」, 最新レーザ技術研究センター, 2012.10.17
 24. 小野 篤史, “プラズモニクスを利用した光ナノ計測,” 大阪大学大学院生命機能研究科

- 第84回研究交流会, 大阪大学, 2012.10.25
25. 川田 善正、居波 涉、名和 靖矩, “電子線励起による高分解能光学顕微鏡の開発”, 映像情報メディア学会技術報告, 静岡大学, 2012.11. 21
 26. 川田 善正、名和 靖矩、居波 涉, “蛍光体薄膜を用いた電子線励起高分解能光学顕微鏡”, 第 349 回蛍光体同学会講演会, 化学会館ホール, 2013.8.2
 27. 杉田 篤史, “「光パルスによる高分子表面の分子運動評価」特別討論会「高分子表面界面の構造と分子運動」”, 第 44 回中部化学関係学協会支部連合秋季大会, 静岡大学, 2013.11.2
 28. 川田 善正, 居波 涉, “電子線励起微小光源による光ナノイメージング”, 第 3 回超高速光エレクトロニクス研究会 第 20 回光波シンセシス研究グループ研究会 理研シンポジウム, 独立行政法人理化学研究所, 2013.12.21
 29. 杉田 篤史, “非線形光学高分子の無電界ポーリング現象と二次非線形光学への展開”, レーザー学会創立 40 周年記念学術講演会第 34 回年次大会, 北九州国際会議場, 2014.1.21
 30. 川田 善正, 黄川田 昌和, 小野 篤史, 居波 涉, “深紫外域プラズモン励起による蛍光増強と生物観察への応用”, レーザー学会創立 40 周年記念学術講演会第 34 回年次大会, 北九州国際会議場, 2014.1.22
 31. 川田 善正, 黄川田 昌和, 小野 篤史, 居波 涉, “深紫外プラズモニクスによるマルチカラーバイオイメージング”, 第 6 回超領域研究会, 静岡大学, 2014.3.4
 32. 居波 涉, 名和 靖矩, 川田 善正, “電子線直接励起蛍光顕微鏡による高分解能生体観察”, 第 6 回超領域研究会, 静岡大学, 2014.3.4
 33. 川田 善正, 名和 靖矩, 居波 涉, “電子線励起による高分解能バイオイメージング”, バイオメディカルニューマイクروسコープ分科会平成 25 年度シンポジウム講演会, 帝京大学, 2014.3.6
 34. 川田 善正, 居波 涉, “多光子励起過程による ZnSe 3次元 PL 観察”, 第 24 回高温エレクトロニクス研究会, 宇宙科学研究所, 2014.3.26
 35. 居波 涉, “高空間分解能光学顕微鏡の開発,” 第 29 回会員企業交流会, グランドホテル浜松, 2014.3.24
 36. 川田 善正, 名和 靖矩, 居波 涉, “電子線励起光源による光ナノイメージング,” 電子情報通信学会ソサイエティ大会シンポジウム, 徳島大学, 2014.9.25
 37. 居波 涉, 名和 靖矩, 福田 真大, 古川 太一, 川田 善正, “高分解能光学顕微鏡によるバイオイメージング,” 環境微生物系学会合同大会 2014, 浜松コンgresセンター, 2014.10.22
 38. 川田 善正, 名和 靖矩, 居波 涉, “電子線励起微小光源による光ナノイメージング,” 日本顕微鏡学会第 58 回シンポジウム, 九州大学, 2014.11.17
 39. 川田 善正, 名和 靖矩, 居波 涉, “バイオフォトンクスのための超解像光イメージング,” フォトニクス技術フォーラム平成 26 年度合同研究会, 大阪科学技術センター, 2014.12.19

〈国際〉

1. *Y. Kawata, W. Inami, “High resolution optical microscopy with electron beam excitation,” Proceedings of Asia-Pacific Laser Symposium 2010, Korea, 2010.5.13
2. W. Inami, Y. Nawa, A. Miyakawa, and Y. Kawata, “Development of electron beam excitation assisted (EXA) optical microscope,” Joint Symposium for Nano Oriented Mechanical Engineering and its Applications to Optical Memory, Seoul, Korea, 2010.6.25
3. *Y. Kawata, W. Inami, “Optical nano-imaging for biotechnology,” International Joint Symposium “Emerging Technologies in Nano-Bioscience”, Shizuoka, 2011.2.28
4. *Y. Kawata, W. Inami, “Development of electron-beam excitation assisted (EXA) optical microscope,” Thuringen-Hamamatsu Optronics Symposium 2011, 2011.3.3
5. F. Iwata, “Development of Novel Nanomanipulators Based on Scanning Probe

- Microscopes,” 2011 International Symposium on Micro-NanoMechatronics and Human Science, Nagoya University, 2011.11.9
6. *Y. Kawata, W. Inami, “Nano-Imaging with Electron-Beam Excitation Assisted Optical Microscope,” 2011 Taiwan-Japan Bilateral Symposium in Nano/Bio-Photonics, Tainan, Taiwan, 2011.11.20
 7. *Y. Kawata, W. Inami and Y. Nawa, “Electron-Beam Excitation Assisted Optical Microscopy for Nanoimaging of Biological Specimens,” CISD 19th International Consortium Meeting, Seoul, Korea, 2012.2.10
 8. A. Ono, M. Kikawada, W. Inami, A. Sugita, and Y. Kawata, “Applied plasmonics based on Kretschmann configuration”, The 2nd International Conference on Frontiers of Plasmonics, Sichuan, China, 2012.4.10
 9. *W. Inami, Y. Nawa, A. Ono, S. Lin, A. Miyakawa, Y. Kawata, S. Terakawa, “Live cell nanoimaging by direct excitation of focused electron beam”, 14th International Congress of Histochemistry and Cytochemistry (IHC 2012), Kyoto, 2012.8.26
 10. W. Inami, Y. Nawa, Y. Kawata, “High spatial resolution time lapse imaging by electron beam excitation”, 2012 RCAS-TNNA Symposium on Recent Development in Nanomaterials: Structures, Dynamics and Applications, Taipei, 2012.10.4
 11. Y. Kawata, “Optical nano-imaging with electron beam excitation”, Optics & Photonics Japan 2012, Tokyo, 2012.10.24
 12. A. Ono, “Plasmonics devices for nano-resolution optical imaging,” Nano-S&T 2012, Qindao, 2012.10.26
 13. *Y. Kawata, Y. Nawa and W. Inami, “High resolution live imaging with electron-beam assisted (EXA) optical microscopy”, 24th Symposium on Phase Change Oriented Science PCOS 2012, Hamamatsu, 2012.11.30
 14. *W. Inami, Y. Nawa, Y. Kawata, S. Terakawa, “Nanoimaging by Electron-Beam Assisted Optical Microscope”, International Symposium on Optical Memory 2013, Korea, 2013.8.20
 15. F. Iwata, “Micro/Nano Manipulator Based on Scanning Probe Microscope for Biological Application”, 3rd International Conference on Manipulation, Manufacturing and Measurement on the Nanoscale 2013 (3M-NANO 2013), China, 2013.8.26
 16. *Y. Kawata, Y. Nawa, W. Inami, “Optical Nano-Imaging for the Analysis of Living biological Cells”, Inter Academia 2013, Sofia, Bulgaria, 2013.9.23
 17. Y. Kawata, M. Kikawada, A. Ono, W. Inami, “Deep-UV Surface Plasmon Resonance for the Enhancement of Fluorescence Excitation”, NTU-SU International Workshop on Nanophotonics, Taipei, 2013.10.23
 18. *Y. Kawata, Y. Nawa, W. Inami, “Optical Nanoimaging with Electron Beam Excitation”, International Conference of Applied Sciences, Academia Sinica, Taiwan, 2013.10.24
 19. *Y. Kawata, M. Kikawada, A. Ono, W. Inami, “Deep-UV SPR for the Enhancement of Fluorescence Excitation”, UV-DUV Plasmonics and Nanophotonics Workshop, Osaka, 2013.10.29
 20. W. Inami, Y. Kawata, “Nanoimaging with Electron-Beam Assisted Optical Microscope”, Shizuoka University International Symposium 2013 - Directions of Interdisciplinary Domain Research in Japan-Europe Partnership, Shizuoka, 2013.11.19
 21. Y. Kawata, “High Density Optical Data Storage and New Applications related to Optical Storage Technologies”, Asia-Pacific Data Storage Conference 2013, Hualien, Taiwan, 2013.11.21
 22. *Y. Kawata, Y. Nawa, W. Inami, “High-Resolution Bioimaging with Electron Beam Excitation Microscopy”, 2013 Japan-Taiwan Bilateral Symposium in Nano/Bio-Photonics, Hamamatsu, 2013.11.26

23. Y. Kawata, W. Inami, Y. Nawa, “High-Resolution Bioimaging with Electron Beam Excitation Assisted Optical Microscopy”, International Symposium on Super-Resolution Imaging 2013, Hamamatsu, 2013.12.2
24. *Y. Kawata, Y. Nawa, S. Kanamori, A. Miyake, W. Inami, Y. Nakanishi, “High Resolution Optical Microscopy with Nanometric Light Source Excited with Electron Beam”, The International Display Workshops, Sapporo, 2013.12.6
25. A. Ono, M. Kikawada, R. Akimoto, W. Inami, Y. Kawata, “Surface plasmon coupled fluorescence in deep-ultraviolet excitation,” EMN Fall Meeting 2013, Florida, USA, 2013.12.7
26. Y. Kawata, M. Kikawada, A. Ono, and W. Inami, “Deep-UV Surface Plasmon Resonance for the Enhancement of Fluorescent Excitation”, The First International Workshop on Digital Convergence of Nano Technology for Creative Economy, Yonsei, Korea, 2014.1.7
27. *Y. Kawata, Y. Nawa, W. Inami, ” High Resolution Bio-Imaging with Electron Beam Assisted Optical Microscopy”, 1st KANSAI Nanoscience and Nanotechnology International Symposium, Osaka, 2014.2.4
28. *Y. Kawata, M. Kikawada, A. Ono, W. Inami, “Deep-UV Surface Plasmon Resonance for Multicolor Imaging in Cells”, UK-Japan Workshop on Photonics and Metamaterials Research, UK Embassy, Tokyo, 2014.3.10
29. W. Inami, Y. Nawa, Y. Kawata, “High spatial resolution imaging of fluorescent Nanodiamonds using direct electron-beam assisted microscope”, 5th International Conference on Photonics 2014, Kuala Lumpur, Malaysia, 2014.9.2
30. Y. Kawata, Y. Nawa, W. Inami, “Dynamic and high resolution live cell imaging with electron beam excitation assisted microscope,” 13th international conference of Near-field Optics and Nanophotonics, Salt Lake City, USA, 2014.9.4
31. Y. Kawata, Y. Nawa, W. Inami, Y. Nakanishi, “High Resolution Bio-Imaging with Electron Beam Assisted (EXA) Optical Microscopy,” Seminar on Advanced Electronic and Photonic Materials and Devices, St. Petersburg, Russia, 2014.9.8
32. Y. Kawata, Y. Nawa, W. Inami, “High Resolution Living Cell Imaging with Electron Beam Excitation,” The 11th China-Japan Joint Seminar on Histochemistry and Cytochemistry, Matsumoto, 2014.9.29
33. Y. Kawata, M. Kikawada, A. Ono, W. Inami, “Fluorescence Enhancement with Surface Plasmon Excitation in Deep Ultraviolet Light,” International Symposium on Optical Memory 2014, Hsinchu, Taiwan, 2014.10.21
34. A. Ono, S. Toriyama, V. Mizeikis, “Direct laser writing of metallic nanostructures by femtosecond laser assisted photoreduction,” The 4th International Conference on Manipulation, Manufacturing and Measurement on the Nanoscale, Taipei, Taiwan, 2014.10.29
35. A. Ono, H. Satoh, H. Inokawa, “Plasmonics for sensor applications,” 2nd Asian Image Sensors and Imaging Systems Symposium, Tokyo, 2014.12.2
36. Y. Kawata, Y. Nawa, W. Inami, “High Resolution Optical Imaging for Living Cells with Electron Beam Excitation,” The 21st International Display Workshop, Niigata, 2014.12.5

② 口頭発表 (国内会議 85 件、国際会議 70 件)

〈国内〉

1. 伊東 祐博, 川俣 茂, 星野 吉延, 小竹 航, 伊藤 広, 米谷 友宏, 牛木辰男, 甲賀 大輔, 岩田 太, “リアルタイムステレオ SEM の実用化開発,” 日本顕微鏡学会第66回学術講演会, 名古屋国際会議場, 2010.5.23
2. 牛木 辰男, 甲賀 大輔, 岩田 太, 耕 秀之, 伊東 祐博, 川俣 茂, 星野 吉延, 小竹 航, 伊藤 広, 米谷 友宏, “リアルタイムステレオ SEM による生物試料のマイクロマニピュ

- レーション,” 日本顕微鏡学会第66回学術講演会, 名古屋国際会議場, 2010.5.23
3. 居波 涉, “電子線励起によるナノ光源を利用した高分解能顕微鏡の開発,” レーザー顕微鏡研究会第 36 回講演会, 理化学研究所, 2010.7.6
 4. 福田 和弥, 米谷 雄作, 牛木 辰男, 岩田 太, “走査型イオン伝導顕微鏡を用いた生体試料の高精度計測法の開発,” 応用物理学会(M&BE 分科会)有機バイオ SPM 研究会・2010, 幕張メッセ, 2010.9.3
 5. 耕 秀之, 山崎 晃資, 牛木 辰男, 岩田 太, “SEM内での顕微解剖を目的としたマルチプローブヘッドを有するAFMマニピュレータの開発,” 応用物理学会(M&BE 分科会)有機バイオ SPM 研究会・2010, 幕張メッセ, 2010.9.3
 6. 名和靖矩, 居波 涉, 小野 篤史, 宮川 厚夫, 川田 善正, 寺川 進, “電子線直接励起による高分解能蛍光顕微鏡の提案,” 第 19 回日本バイオイメージング学会, 慶應義塾大学, 2010.9.10
 7. 居波 涉, 名和 靖矩, 宮川 厚夫, 川田 善正, “電子線励起アシスト光学顕微鏡による大気圧下での高分解能観察,” 第 71 回応用物理学会学術講演会, 長崎大学, 2010.9.16
 8. ヴェト グェンフー, 居波 涉, 宮川 厚夫, 川田 善正, “位相分解蛍光寿命測定法を用いた細胞内カルシウムイオン濃度の測定,” 第 71 回応用物理学会学術講演会, 長崎大学, 2010.9.16
 9. 秋本 廉太郎, 渡邊 雄介, 居波 涉, 小野 篤史, 川田 善正, “深紫外光励起表面プラズモンによる光電子放出の増大,” 第 71 回応用物理学会学術講演会, 長崎大学, 2010.9.16
 10. 耕 秀之, 牛木 辰男, 岩田 太, “マルチプローブヘッドを有するAFMマニピュレータの開発と SEM 内での顕微解剖操作,” 第 71 回応用物理学会学術講演会, 長崎大学, 2010.9.16
 11. 伊東 聡, 山崎 晃資, 岩田 太, “ナノピペットプローブを用いた電気泳動による液中堆積加工法の開発,” 2010 年度精密工学会秋季大会, 名古屋大学, 2010.9.27
 12. 耕 秀之, 牛木 辰男, 岩田 太, “マルチプローブヘッドを有する電子顕微鏡用 AFM マニピュレータの開発と顕微解剖への応用,” 2010 年度精密工学会秋季大会, 名古屋大学, 2010.9.27
 13. 岩橋 貴史, 居波 涉, 宮川 厚夫, 川田 善正, “光制御可能な液中の微小物体の操作,” 日本光学会年次学術講演会 Optics & Photonics Japan 2010 in Tokyo, 中央大学, 2010.11.10
 14. 居波 涉, 名和 靖矩, 小野 篤史, 宮川 厚夫, 川田 善正, 寺川 進, “電子線アシスト光学顕微鏡による液中下での高分解能観察,” 平成 22 年度社団法人日本分光学会年次講演会, 京都大学, 2010.11.19
 15. 秋本 廉太郎, 渡邊 雄介, 居波 涉, 小野 篤史, 川田 善正, “深紫外光励起表面プラズモンによる光電子放出の増大とアルミニウム膜厚の最適化,” 平成 22 年度社団法人日本分光学会年次講演会, 京都大学, 2010.11.20
 16. 岩橋 貴史, 居波 涉, 宮川 厚夫, 川田 善正, “光制御可能な電気泳動法による微小粒子操作,” 平成 22 年度第 10 回レーザー学会中部支部若手研究発表会, 名城大学, 2010.12.3
 17. 居波 涉, 名和 靖矩, 小野 篤史, 宮川 厚夫, 川田 善正, 寺川 進, “電子線励起アシスト(EXA)光学顕微鏡の開発とその応用,” 平成 22 年度 日本分光学会 ナノ分光部会・生細胞分光部会 シンポジウム 講演予稿集, 分光学が拓く新しいイメージング・イメージングが拓く新しい分光学, 東京大学, 2010.12.10
 18. 小野 篤史, 佐野 裕貴, 居波 涉, 加藤 敬亮, 川田 善正, “円錐形状クレッチマン配置によるナノ光源生成メカニズム,” レーザー学会学術講演会第 31 回年次大会, 電気通信大学, 2011.1.9
 19. 深田 徹, 岩田 太, “ナノピペットプローブを用いた微細立体造形法の開発,” 2010 年度

- 精密工学会春季大会, 埼玉大学, 2011.3.16
20. 米谷 雄作, 牛木 辰男, 岩田 太, “走査型イオン電導顕微鏡を用いた生体試料の高精度計測法の開発,” 2010 年度精密工学会春季大会, 埼玉大学, 2011.3.18
 21. 伊東 聡, 山崎 晃資, 岩田 太, “ナノピペットプローブを有する原子間力顕微鏡を用いた液中での金属めっきドット堆積法の開発,” 春季第58会応用物理学会学関係連合講演会, 2011.3.26
 22. 名和 靖矩, 居波 涉, 千葉 明人, 小野 篤史, 宮川 厚夫, 川田 善正, 寺川 進, “高分解能生態観察のための電子直線励起蛍光顕微鏡の開発,” レーザー顕微鏡研究会第 37 回講演会, 理化学研究所, 2011.7.6
 23. 福田 真大, 居波 涉, 小野 篤史, 川田 善正, “EXA 顕微鏡のための電子線透過率軽減と蛍光強度の解析,” 第 72 回応用物理学会学術講演会, 山形大学, 2011.8.29
 24. 益田 有里子, 居波 涉, 宮川 厚夫, 川田 善正, “バイオセンサのための培養基板の親水性制御,” 第 72 回応用物理学会学術講演会, 山形大学, 2011.8.29
 25. 山崎 晃資, 岩田 太, “ナノピペットプローブを用いた単一細胞へのエレクトロポレーションによる物質導入,” 2011 年度精密工学会秋季大会学術講演会, 金沢大学, 2011.9.20
 26. 安達 誠, 水口 裕也, 岩田 太, “自己検知型カンチレバーを有する AFM を用いた単一細胞の液中マニピュレーション,” 2011 年度精密工学会秋季大会学術講演会, 金沢大学, 2011.9.20
 27. 福田 和弥, 牛木 辰男, 岩田 太, “AC バイアス変調を用いた走査型イオン伝導顕微鏡の開発,” 2011 年度精密工学会秋季大会学術講演会, 金沢大学, 2011.9.20
 28. 野田 竜司, 深田 翔太, 名和 靖矩, 小野 篤史, 居波 涉, 杜関 祥, 齊藤 伸, 川田 善正, “カソードルミネッセンスを利用した金属ナノ構造の光学観察,” 日本光学会年次学術講演会 Optics & Photonics Japan 2011, 大阪大学, 2011.11.28
 29. 川田 善正, 居波 涉, “電子線励起による高分解能光学顕微鏡の開発,” 電顕技術開発若手研究部会第 3 回ワークショップ「様々なイメージング技術の現況と展望」, 名古屋ファインセラミックスセンター, 2012.1.5
 30. 山崎 晃資, 福田 和弥, 岩田 太, “走査型イオン伝導顕微鏡技術を用いた単一細胞エレクトロポレーション,” 2012 年度精密工学会春季大会学術講演会, 首都大学東京, 2012.3.14
 31. 山崎 晃資, 福田 和弥, 牛木 辰男, 岩田 太, “走査型イオン伝導顕微鏡を用いた単一細胞エレクトロポレーション法の開発,” 2012 年春季第 59 回会応用物理学会学術講演会, 早稲田大学, 2012.3.16
 32. 金原 隆大, 戸田 隼, 山本 耕平, 岡田 光希, 岩田 太, “マイクロ 4 探針抵抗分布測定装置の開発と半導体表面の測定,” ロボティクス・メカトロニクス講演会 2012, 浜松, 2012.5.28
 33. 安達 誠, 水口 裕也, 岩田 太, “原子間力顕微鏡を用いた単一細胞の液中回収システムの開発,” ロボティクス・メカトロニクス講演会 2012, 浜松, 2012.5.28
 34. 石崎 逸八, 大橋 祐矢, 牛木 辰男, 岩田 太, “子間力顕微鏡を用いたナノマニピュレータによる微細加工システムの開発,” ロボティクス・メカトロニクス講演会 2012, 浜松, 2012.5.28
 35. 名和 靖矩, 居波 涉, 小野 篤史, 三宅 亜紀, 林 升, 川田 善正, 寺川 進, “電子線直接励起を用いた生体試料の高空間分解能動的観察,” 第 21 回バイオイメージング学会学術集会, 京都, 2012.8.27
 36. 名和 靖矩, 居波 涉, 小野 篤史, 林 升, 宮川 厚夫, 川田 善正, 寺川 進, “電子線直接励起蛍光顕微鏡による液中試料の高分解能動的観察,” 第 73 回応用物理学会学術講演会, 愛媛大学, 2012.9.11
 37. 長島 大樹, 居波 涉, 川田 善正, “光伝導性基板を用いた光制御可能な電気泳動法の開発,” 第 73 回応用物理学会学術講演会, 愛媛大学, 2012.9.11
 38. 黄川田 昌和, 小野 篤史, 居波 涉, 川田 善正, “深紫外光励起表面プラズモンによる

- 蛍光増強,” 第 73 回応用物理学会学術講演会, 愛媛大学, 2012.9.11
39. 福田 真大, 居波 涉, 小野 篤史, 川田 善正, “蛍光薄膜内でのカソードルミネッセンスの発光分布解析,” 第 73 回応用物理学会学術講演会, 愛媛大学, 2012.9.11
40. 石崎 公大, 寺川 進, 岩田 太, “標本駆動機構付き対物レンズを有する近接場光学顕微鏡の開発,” 2012 年度精密工学会秋季大会学術講演会, 九州工業大学, 2012.9.16
41. 目時 淳也, 岩田 太, “ナノピペットを用いた電気泳動堆積法による微細造形法の開発,” 2012 年度精密工学会秋季大会学術講演会, 九州工業大学, 2012.9.16
42. 宇井 洋之, 東條 徹, 岩田 太, “ナノピペットを用いた静電インクジェットパターンニングによるマスクレピア法の開発,” 2012 年度精密工学会秋季大会学術講演会, 九州工業大学, 2012.9.16
43. 神谷 将至, 三宅 亜紀, 名和 靖矩, 居波 涉, 杉田 篤史, 小南 裕子, 川田 善正, 中西 洋一郎, “電子励起型光学顕微鏡のための希土類ドーブ Y_2O_3 蛍光体薄膜の開発,” 第 6 回分子科学討論会, 東京大学, 2012.9.18
44. 目時 淳也, 岩田 太, “ナノピペットを用いた電気泳動堆積の電流制御による立体造形法の高性度化,” 2012 年度生体分子機能解析のための走査型プローブ顕微鏡手法研究会, 名古屋, 2012.10.14
45. 石崎 公大, 福田 和弥, 牛木 辰男, 岩田 太, “AC バイアス変調を用いた走査型イオン伝導顕微鏡によるホエジカ染色体の観察,” 2012 年度生体分子機能解析のための走査型プローブ顕微鏡手法研究会, 名古屋, 2012.10.14
46. 石崎 逸八, 岩田 太, “タッピングモードによる高速画像取得可能な AFM の開発とナノ粒子のマニピュレーション,” 2012 年度生体分子機能解析のための走査型プローブ顕微鏡手法研究会, 名古屋, 2012.10.14
47. 居波 涉, 福田 真大, 小野 篤史, 川田 善正, “電子線照射による蛍光薄膜からの発光,” 日本光学会年次学術講演会 Optics&Photonics Japan 2012, タワーホール船堀, 2012.10.24
48. 石崎 公大, 中島 真人, 牛木 辰男, 岩田 太, “走査型イオン伝導顕微鏡による AC バイアス変調を用いたイメージング,” 生体分子機能解析のための走査型プローブ顕微鏡手法研究部会, 湯沢, 2012.12.9
49. 岩田 太, 安達 誠, 山崎 晃資, 牛木 辰男, “走査型プローブ顕微鏡を用いた単一細胞のマニピュレーション,” 生体分子機能解析のための走査型プローブ顕微鏡手法研究部会, 湯沢, 2012.12.10
50. 小野 篤史, 川島 光雄, 野田 竜司, 居波 涉, 川田 善正, “電子線励起による金ナノロッドの表面プラズモン発光観察,” 第 10 回プラズモニクスシンポジウム, 神戸大学, 2013.1.26
51. 杉本 啓光, 永津 雅章, 荻野 明久, 岩田 太, “ナノピペットを有する走査型プローブ顕微鏡を用いたプラズマジェット微細加工装置の開発,” 2013 年精密工学会春季大会, 東京工業大学, 2013.3.15
52. 石崎 公大, 中島 真人, 牛木 辰男, 岩田 太, “AC バイアス変調を用いた走査型イオン伝導顕微鏡による染色体の観察,” 2013 年精密工学会春季大会, 東京工業大学, 2013.3.15
53. 安達 誠, 平藤 衛, 岩田 太, “原子間力顕微鏡を用いた単一細胞の剥離・回収システムの開発,” 2013 年精密工学会春季大会, 東京工業大学, 2013.3.15
54. 金森 聡, 三宅 亜紀, 居波 涉, 小南 裕子, 川田 善正, 中西 洋一郎, “アニール処理した ZnO 蛍光体薄膜の構造および発光特性,” 第 60 回応用物理学会春季学術講演会, 神奈川工科大学, 2013.3.29
55. 益田 有里子, 守田 智勇, 福田 真大, 名和 靖矩, 居波 涉, 三宅 亜紀, 杉田 篤史, 川田 善正, 中西 洋一郎, “高分解能生体観察のための電子線励起光学顕微鏡の開発,” レーザー顕微鏡学会, 理化学研究所, 2013.7.31
56. 金森 聡, 三宅 亜紀, 居波 涉, 小南 裕子, 川田 善正, 中西 洋一郎, “RF マグネトロ

- ンスパッタ法を用いた ZnO 蛍光体薄膜の作製と電子線励起アシスト光学顕微鏡による試料観察,” 第 74 回応用物理学会秋季学術講演会, 同志社大学, 2013.9.17
57. 福田 真大, 居波 涉, 小野 篤史, 川田 善正, “ $Y_2O_3:Eu^{3+}$ 蛍光薄膜からのカソードルミネッセンスの発光解析評価,” 第 74 回応用物理学会秋季学術講演会, 同志社大学, 2013.9.19
 58. 黄川田 昌和, 小野 篤史, 居波 涉, 川田 善正, “深紫外光励起表面プラズモンによるマルチスペクトル増強,” 第 74 回応用物理学会秋季学術講演会, 同志社大学, 2013.9.19
 59. 石崎 公大, 牛木 辰男, 中島 真人, 岩田 太, “帯電試料による走査型イオン伝導顕微鏡イメージングへの影響,” 第 74 回応用物理学会秋季学術講演会, 同志社大学, 2013.9.19
 60. 守田 智勇, 益田 有里子, 名和 靖矩, 三宅 亜紀, 居波 涉, 小南 裕子, 川田 善正, 中西 洋一郎, 杉田 篤史, “超解像度光学顕微鏡のための蛍光体薄膜に関する研究,” 第 44 回中部化学関係学協会支部連合秋季大会, 静岡大学, 2013.11.2
 61. 金森 聡, 三宅 亜紀, 居波 涉, 小南 裕子, 川田 善正, 中西 洋一郎, “電子線励起アシスト光学顕微鏡のための ZnO 蛍光薄膜の作製,” 応用物理学会 SC 東海地区学術講演会 2013, 名古屋大学, 2013.11.16
 62. 石崎 公大, 中島 真人, 牛木 辰男, 岩田 太, “走査型イオン電導顕微鏡イメージングにおける染色体の観察と試料表面帯電の影響,” 日本顕微鏡学会走査型プローブ顕微鏡分科会 平成 25 年度研究会(バイオ系 SPM 研究会), 湯沢, 2013.12.8
 63. 黄川田 昌和, 小野 篤史, 居波 涉, 川田 善正, “深紫外光励起表面プラズモンによるマルチカラーイメージング,” レーザー学会創立 40 周年記念学術講演会第 34 回年次大会, 北九州国際会議場, 2014.1.22
 64. 守田 智勇, 益田 有里子, 名和 靖矩, 三宅 亜紀, 居波 涉, 杉田 篤史, 小南 裕子, 川田 善正, 中西 洋一郎, “ $Y_2O_3:Eu^{3+}$ 薄膜におけるカソードルミネッセンス高効率化のためのポストアニーリング条件の検討,” 映像メディア学会・発光型/非発光型ディスプレイ合同研究会, 新潟大学, 2014.1.24
 65. 益田 有里子, 名和 靖矩, 居波 涉, 川田 善正, “高分解能蛍光顕微鏡のための培養基板の親水性制御,” 第 61 回応用物理学会春季学術講演会, 青山学院大学, 2014.3.17
 66. 福田 真大, 名和 靖矩, 居波 涉, 小野 篤史, 川田 善正, “電子線透過防止蛍光膜を利用した EXA 顕微鏡による細胞の低ダメージ高分解能観察,” 第 61 回応用物理学会春季学術講演会, 青山学院大学, 2014.3.17
 67. 川島 光雅, 小野 篤史, 居波 涉, 川田 善正, “金属ナノ構造体における表面プラズモンモードのカソードルミネッセンスイメージング,” 第 61 回応用物理学会春季学術講演会, 青山学院大学, 2014.3.17
 68. 金森 聡, 三宅 亜紀, 居波 涉, 小南 裕子, 川田 善正, 中西 洋一郎, “RF マグネトロンスパッタ法による ZnO 蛍光薄膜の高温成膜と電子線励起アシスト顕微鏡による試料観察,” 第 61 回応用物理学会春季学術講演会, 青山学院大学, 2014.3.19
 69. 桜井 智史, 山崎 晃資, 牛木 辰男, 岩田 太, “複数開口プローブを有する走査型イオン電導顕微鏡によるエレクトロポレーション法の開発,” 2014 年度精密工学会春季大会, 東京大学, 2014.3.18
 70. 下奥 万梨恵, 川村 隆三, サトゥルリラマチャンドラ ラオ, 小林 健, 岩田 太, 中村 史, “ナノニードルアレイを用いた細胞への遺伝子導入における取り込み機構の解析,” 電気科学会第 81 回大会, 関西大学, 2014.3.29
 71. 平林 拓磨, 小野 篤史, 川田 善正, 杉田 篤史, “金ナノロッド/非線形光学ポリマー複合系からの局在型表面プラズモンにおける第二高調波発生,” 第 75 回応用物理学会秋季学術講演会, 北海道大学, 2014.9.17
 72. 高須 亮佑, 川田 善正, 間瀬 暢之, 杉田 篤史, “トリシアノフラン系色素を含むホスト/

- ゲストポリマーにおける二次非線形光学効果の界面吸着挙動に対する依存性Ⅱ, 第75回応用物理学会秋季学術講演会, 北海道大学, 2014.9.18
73. 長島大樹, 居波涉, 川田善正, “光制御電気泳動法を用いた液中微小粒子操作法の開発,” 第75回応用物理学会秋季学術講演会, 北海道大学, 2014.9.19
 74. 名和靖矩, 居波涉, 小野篤史, 林升, 川田善正, 寺川進, “Label-free cell organelle imaging by DEXA microscopy,” 第75回応用物理学会秋季学術講演会, 北海道大学, 2014.9.19
 75. 黄川田昌和, 小野篤史, 居波涉, 川田善正, “深紫外光プラズモンによる非染色細胞の高感度観察,” 第75回応用物理学会秋季学術講演会, 北海道大学, 2014.9.20
 76. 堀場大輝, 名和靖矩, 古川太一, 居波涉, 川田善正, “電子線照射による細胞へのダメージ評価,” Optics & Photonics Japan 2014, 筑波大学 東京キャンパス, 2014.11.5
 77. 益田有里子, 林升, 名和靖矩, 古川太一, 居波涉, 川田善正, “電子線直接励起を用いた細胞の高コントラスト観察のための表面改質手法の開発,” Optics & Photonics Japan 2014, 筑波大学 東京キャンパス, 2014.11.5
 78. 城下直哉, 小野篤史, 黄川田昌和, 居波涉, 川田善正, “深紫外光励起表面プラズモンによる光電子放出の増大,” Optics & Photonics Japan 2014, 筑波大学 東京キャンパス, 2014.11.6
 79. 川田善正, “電子線励起による超解像バイオイメージング,” 生体医工学ワークショップ, 東京医科歯科大学, 2014.12.13
 80. 黄川田昌和, 小野篤史, 居波涉, 川田善正, “深紫外励起による非染色細胞の高感度プラズモニックイメージング,” レーザー学会学術講演会第35回年次大会, 東海大学高輪校舎, 2015.1.11
 81. 城下直哉, 小野篤史, 黄川田昌和, 居波涉, 川田善正, “深紫外表面プラズモンによる高効率光電子変換,” レーザー学会学術講演会第35回年次大会, 東海大学高輪校舎, 2015.1.12
 82. 福田真大, 金森聡, 古川太一, 名和靖矩, 居波涉, 林升, 川田善正, “電子線励起アシスト光学顕微鏡による生きた非染色細胞の動態観察,” 平成26年度レーザー学会中部支部若手研究発表会, 名城大学, 2015.1.23
 83. 川島光雅, 小野篤史, 居波涉, 川田善正, “カソードルミネッセンスイメージングによる金属ナノ構体の表面プラズモンモードの解析,” 平成26年度レーザー学会中部支部若手研究発表会, 名城大学, 2015.1.23
 84. 城下直哉, 小野篤史, 黄川田昌和, 居波涉, 川田善正, “深紫外表面プラズモンによる光電子放出の高効率化,” 第9回情報フォトンクス研究会関東学生研究論文講演会, 静岡大学, 2015.3.10
 85. 福田真大, 金森聡, 古川太一, 名和靖矩, 居波涉, 林升, 川田善正, “微小CL光源による非染色細胞の高分解能イメージング,” 第62回応用物理学会春季学術講演会, 東海大学湘南キャンパス, 2015.3.14

〈国際〉

1. A. Konno, “Preparation of nanoporous titanium oxide electrode by screen print and its application to dye-sensitized solid-state solar cell,” 217th ECS Meeting, H9-Nanostructures for Energy Conversion, Vancouver, 2010.4.28
2. S. Ito, F. Iwata, “Local metal deposition using a scanning nanopipette microscope by constant charge control,” The 12th International Scanning Probe Microscopy Conference, Sapporo, 2010.5.10
3. F. Iwata, Y. Mizuguchi, T. Ushiki, “Compact manipulator based on an atomic force microscope coupled with a haptic device for multi-probe manipulation of biological samples,” The 12th International Scanning Probe Microscopy Conference, Sapporo, 2010.5.10

4. Y. Matsumura, W. Inami, Y. Kawata, "Laser light control of self-organization process," The International Conference on Nanophotonics 2010, Tsukuba, 2010.5.31
5. F. Iwata, "Nanofabrication and manipulation techniques using probe microscope systems," Joint Symposium for Nano Oriented Mechanical Engineering and its Applications to Optical Memory, Korea, 2010.6.25
6. A. Konno, E. V. A. Premalal, G.R.R.A. Kumara, M. Shimomura, K. Murakami, "Improved performance of TiO₂/N719/CuSCN all solid-state dye-sensitized solar cell," 5th Aseanian Conference on Dye-sensitized and Organic Solar Cells (DSC-OPV5), Huangshan, China, 2010.8.27
7. W. Inami, Y. Nawa, A. Ono, A. Miyakawa, Y. Kawata, S. Terakawa, "Nano-imaging with electron-beam excitation assisted optical microscope," 11th International Conference on Near-Field Optics, Nanophotonics and Related Techniques, China, 2010.8.29
8. Y. Nawa, W. Inami, A. Ono, A. Miyakawa, Y. Kawata, S. Terakawa, "High spatial resolution live cell imaging by electron beam excitation assisted optical microscope," 11th International Conference on Near-Field Optics, Nanophotonics and Related Techniques, China, 2010.8.29
9. S. Ito, F. Iwata, "Counting of electric charge for control of local metal plating using a scanning nanopipette probe microscope," 10th International Symposium on Measurement and Quality Control, Osaka, 2010.9.8
10. H. Ko, H. Aoyama, T. Ushiki, F. Iwata, "Development of AFM system having multi-functional tools for measurement and manipulation under SEM observation," 10th International Symposium on Measurement and Quality Control, Osaka, 2010.9.8
11. S. Ito, W. Kotake, Y. Sato, H. Ito, F. Iwata, T. Ushiki, "Development of a novel real-time 3D scanning electron microscope for biomedical studies.XXI," International Symposium on Morphological Sciences, Italy, 2010.9.18
12. F. Iwata, T. Ushiki, "Multi-probe manipulation of biological samples using compact atomic force microscopes.XXI," International Symposium on Morphological Sciences, Italy, 2010.9.18
13. W. Inami, Y. Nawa, A. Miyakawa, Y. Kawata, "Electron beam excitation assisted optical microscope with high resolution," 17th INTERNATIONAL MICROSCOPY CONGRESS, Brazil, 2010.9.19
14. Y. Nawa, W. Inami, A. Miyakawa, Y. Kawata, "Development of ultrahigh-resolution fluorescence microscope for live cell imaging with focused electron beam excitation," 17th INTERNATIONAL MICROSCOPY CONGRESS, Brazil, 2010.9.19
15. Y. Matsumura, W. Inami, Y. Kawata, "Control of self-organization microporous honeycomb film by the irradiation of nano second laser pulse," ISOT2010 International Symposium on Optomechatronic Technologies, Canada, 2010.10.25
16. R. Akimoto, Y. Watanabe, W. Inami, A. Ono, Y. Kawata, "Enhancement of photoelectron emission by deep-UV excited surface plasmon," Korean Japanese Student Workshop 2010 (KJS2010), Busan, Korea, 2010.11.3
17. F. Iwata, "Compact manipulator based on an atomic force microscope for multi-probe operation," The Twenty-fifty Annual Meeting of The American Society for Precision Engineering, 2010.11.3
18. S. Ito, F. Iwata, "Volume control technique of nano metal plating using a precisely positioned nanopipette probe," The 4th International Conference on Positioning Technology, Korea, 2010.11.24
19. T. Nakano, A. Suzuki, F. Iwata, "Evaluation of mechanical and electrical properties of micro structures fabricated by positioned electrophoresis deposition using Laser Trapping," The 4th International Conference on Positioning Technology, Korea, 2010.11.24

20. S. Ito, K. Yamazaki, F. Iwata, "Development of nanometer-scale deposition technique using a nanopipette probe in liquid condition," The 18th International Colloquium on Scanning Probe Microscopy, Atagawa, 2010.12.9
21. Y. Ohashi, T. Ushiki, F. Iwata, "Interactive nanomanipulation under real-time observation by high-speed imaging," The 18th International Colloquium on Scanning Probe Microscopy, Atagawa, 2010.12.9
22. Y. Mizuguchi, F. Iwata, "Compact AFM for multi-probe manipulation of biological samples in liquid condition," The 17th International Colloquium on Scanning Probe Microscopy, Atagawa, 2010.12.10
23. W. Inami, Y. Nawa, A. Chiba, A. Ono, A. Miyakawa, Y. Kawata and S. Terakawa, "Imaging Beyond the Diffraction Limit by Electron-Beam Excited Assisted (EXA) Scanning Optical Microscope," Optics in the Life Sciences, CA, USA, 2011.4.4
24. W. Inami, Y. Nawa, A. Chiba, A. Ono, A. Miyakawa, Y. Kawata and S. Terakawa, "High-Resolution Imaging in Liquid by Electron-Beam Excitation Assisted (EXA) Microscope," Baden-Württemberg, Germany, 2011.4.19
25. Y. Nawa, W. Inami, A. Ono, A. Miyakawa, Y. Kawata, and S. Terakawa, "High-Resolution Fluorescence Microscopy with Direct Electron Beam Excitation," Baden-Württemberg, Germany, 2011.4.19
26. Y. Matsumura, W. Inami and Y. Kawata, "Laser Control of Self-Organization Process in Microscopic," CLEO: 2011 (Conference on Laser and Electro-Optics), Maryland, USA, 2011.5.4
27. T. Ushiki, H. Ko and F. Iwata, "Atomic Force Microscopy of Biological Samples in a Real-Time Stereo Scanning Electron Microscope," International Scanning Probe Microscopy Conference, TU Munchen, 2011.6.9
28. F. Iwata, Y. Ohashi and T. Ushiki, "Interactive Nanomanipulator Coupled with a High Speed Imaging Technique, International Scanning Probe Microscopy Conference, TU Munchen, 2011.6.9
29. Y. Kawata, W. Inami and Y. Nawa, "High Resolution Optical Microscopy with Electron-Beam Excitation," Shizuoka University International Symposium Initiatives for Crossing Boundaries within Science and Technology, Shizuoka University, 2011.11.29
30. R. Noda, S. Fukuda, Y. Nawa, A. Ono, W. Inami, Du Guan Xiang, S. Saito and Y. Kawata, "Cathodoluminescence Imaging of Metallic Nanostructures," Yonsei University-Shizuoka University Student Workshop 2011, Seoul, Korea, 2011.12.5
31. K. Watanabe, W. Inami, Y. Shimamura, Y. Kawata, "Cell Processing with Electron Beam," Yonsei University-Shizuoka University Student Workshop 2011, Seoul, Korea, 2011.12.5
32. K. Yamazaki, K. Fukuda T. Ushiki and F. Iwata, "Single-Cell Electroporation Using a Scanning Ion Conductance Microscope for Low-Invasive Injection of Molecules," The 19th International Colloquium on Scanning Probe Microscopy, Hotel Lake Side Terrace, 2011.12.19
33. W. Inami, N. Viet, A. Miyakawa, Y. Kawata, "Quantitative measurement of intracellular ion concentration using phase-resolved fluorescence lifetime," Focus on Microscopy 2012, Singapore, 2012.4.1
34. Y. Nawa, W. Inami, A. Ono, S. Lin, A. Miyakawa, Y. Kawata, and S. Terakawa, "Live cell imaging by direct excitation of focused electron beam," Focus on Microscopy 2012, Singapore, 2012.4.1
35. Y. Kawata, K. Ushida and W. Inami, "Microscopic laser processing of CFRP with a nanosecond pulsed laser," Abstract of OPIC2012 OPTICS & PHOTONICS International Congress 2012, Pacifico Yokohama, 2012.4.25
36. A. Sugita, Y. Tamaki, N. Mase, W. Inami, Y. Kawata, S. Tasaka "PMMA copolymerized

- with polyacrylonitrile as novel host material for host-guest type second-order NLO polymers,” CF3A.5, Conference on Lasers and Electro-Optics 2012, California, USA, 2012.5.6
37. M. Kikawada, A. Ono, W. Inami, and Y. Kawata, “Deep-UV surface plasmon resonance for fluorescence enhancement,” Yamada Conference LXVI P018, Tokyo, 2012.6.3
 38. W. Inami, N. H. Viet, A. Miyakawa, Y. Kawata, “Intracellular calcium ion concentration measurement using a phase-resolved fluorescence lifetime method with compensation for error due to protein,” 14th International Congress of Histochemistry and Cytochemistry (ICHC 2012), Kyoto, 2012.8.26
 39. K. Watanabe, Y. Nawa, W. Inami, Y. Kawata, “Micro-processing of HeLa cells with an electron beam,” 11th International Conference on Global Research and Education in Engineers for Better Life, Budapest, 2012.8.27
 40. F. Iwata, M. Takahashi, H. Ko and M. Adachi, “Development of a compact nano manipulator based on an atomic forcemicroscope, For monitoring using a scanning electron microscope or an invertedoptical microscope,” China, 2012.8.30
 41. M. Fukuta, W. Inami, A. Ono, Y. Kawata, “The numerical analysis of intensity distribution of light excited by electron beam in a luminescent film,” 12th International Conference on Near-Field Optics, Nanophotonics and Related Techniques, Spain, 2012.9.3
 42. M. Kikawada, A. Ono, W. Inami, and Y. Kawata, “Deep-UV surface plasmon resonance for the enhancement of fluorescence excitation,” 12th International Conference on Near-Field Optics, Nanophotonics and Related Techniques, Spain, 2012.9.3
 43. W. Inami, R. Noda, Y. Nawa, M. Kawashima, A. Ono, Y. Kawata, “Imaging of plasmon of metallic nanostructures using cathodoluminescence,” 12th International Conference on Near-Field Optics, Nanophotonics and Related Techniques, Spain, 2012.9.3
 44. Y. Nawa, W. Inami, A. Ono, S. Lin, Y. Kawata, S. Terakawa, “Live cell imaging using high spatial resolution fluorescence microscopy with direct electron beam excitation,” The 73rd Japan Society of Applied Physics Autumn Meeting, Ehime, 2012.9.11
 45. M. Adachi, Takahashi, H. Ko, T. Ushiki, and F. Iwata, “Single cell scraper based on an atomic force microscope,” 2012 International Symposium on Micro-NanoMechatronics and Human Science, Nagoya University, 2012.11.6
 46. H. Ui, T. Tojo and F. Iwata, “Electrostatic Ink-jet Deposition Using a Positioned Nanopipette for Photomask Repair,” The 5th International Conference on Positioning Technology, Taiwan, 2012.11.15
 47. Y. Nawa, W. Inami, Y. Kawata, H. Kobayashi, S. Maeda, and T. Fujita, “Optical nano-imaging with electron-beam excitation for the observation of micro/nano bubbles,” The nano/micro bubbles international symposium, Keio University, 2012.12.13
 48. A. Sugita, K. Suto, T. Sato, A. Ono, W. Inami, Y. Kawata, Sh. Tasaka, “Second harmonic generation in non-electrically-poled NLO polymers excited by surface plasmon enhanced electric field,” Organic Photonic Materials and Devices XV, California USA, 2013.2.2
 49. Y. Kawata, Y. Nawa, W. Inami, “Nanophotonics for live cell observation with high resolution,” The 13th International Conference on Quality in Research, Yogyakarta, Indonesia, 2013.6.26
 50. F. Iwata, D. Koga, T. Ushiki, “Manipulation of biological samples in a scanning electron microscope,” XXIII ISMS 2013, Niigata, 2013.9.10
 51. Y. Masuda, Y. Nawa, C. Morita, M. Kamiya, W. Inami, A. Miyake, A. Sugita, Y. Kawata, Y. Nakanishi, “High resolution imaging by electron-beam excitation assisted optical microscope with emission layer for a brighter nanometric light source,” JSAP-OSA Joint symposia, Doshisha University, 2013.9.17

52. Y. Nawa, W. Inami, A. Miyake, A. Ono, S. Lin, Y. Kawata, S. Terakawa, C. Y. Fang, H. C. Chang, "Fluorescent Nano Diamonds for High Spatial Resolution Live Cell Imaging by Direct Electron Beam Excitation," JSAP-OSA Joint symposia, Doshisha University, 2013.9.19
53. A. Ono, Y. Enomoto, Y. Matsumura, H. Satoh, H. Inokawa, "Sensitivity Enhancement of SOI Photodiode with Randomly Arranged Au Nanoparticles," 2013 International Conference on Solid State Devices and Materials, Fukuoka, 2013.9.24
54. A. Ono, M. Kikawada, R. Akimoto, W. Inami, Y. Kawata, "Fluorescence enhancement of quantum dots on aluminum thin film," UV-DUV Plasmonics and Nanophotonics Workshop, Osaka University, 2013.10.29
55. S. Sakurai, K. Yamazaki, F. Iwata, "Single-cell electroporation using a nano pipette probe based on a scanning ion conductance microscope," NTU-SU International Workshop on Nanophotonics, Taiwan, 2013.10.23
56. S. Kanamori, A. Miyake, W. Inami, H. Kominami, Y. Kawata, Y. Nakanishi, "Development of ZnO Luminescent Thin Films for Electron Beam Excitation Assisted Optical Microscope," NTU-SU International Workshop on Nanophotonics, Taiwan, 2013.10.23
57. K. Ishizaki, T. Ushiki, M. Nakajima, F. Iwata, "Investigation of charged samples by a scanning ion conductance microscope," ACSIN-12 & ICSPM21, Tsukuba, 2013.11.4
58. W. Inami, Y. Kawata, "Subdiffraction Resolution Imaging with Electron-Beam Assisted Optical Microscope," The 15th Takayanagi Memorial Symposium, Shizuoka University, 2013.11.13
59. A. Ono, Y. Enomoto, Y. Matsumura, H. Satoh, H. Inokawa, "Design and Fabrication of SOI Photodiode with Au Nanoparticles for Sensitivity Enhancement," The 15th Takayanagi Memorial Symposium, Shizuoka University, 2013.11.13
60. M. Miyazaki, R. R. Sathuluri, M. Shimooku, R. Kawamura, T. Kobayashi, F. Iwata and C. Nakamura, "Development of High-aspect-ratio Silicon Nanoneedle Array for Living Cell Manipulations," 2013 MRS Fall Meeting & Exhibit, Boston, Massachusetts, 2013.12.1
61. Y. Nawa, W. Inami, A. Ono, S. Lin, Y. Kawata, S. Terakawa, C. Y. Fang, H. C. Chang, "DYNAMIC AND HIGH-RESOLUTION ORGANELLE IMAGING IN LIVING CELLS BY DIRECT ELECTRON BEAM EXCITATION," Focus On Microscopy 2014, Sydney, Australia, 2014.4.16
62. Y. Nawa, W. Inami, A. Ono, S. Lin, Y. Kawata, S. Terakawa, "D-EXA Microscopy for Live Cell Imaging with Nanophosphors," Biomedical Imaging and Sensing Conference 14, Yokohama, 2014.4.23
63. M. Kikawada, A. Ono, W. Inami, Y. Kawata, "High Sensitive Fluorescence Observation of Organelles in Cells by Deep-UV SPR," Biomedical Imaging and Sensing Conference 14, Yokohama, 2014.4.23
64. Y. Kawata, M. Kikawada, A. Ono, W. Inami, "Deep-UV Surface Plasmon Resonance for the Enhancement of Fluorescent Excitation," Inter Academia 2014, Riga, Latvia, 2014.9.10
65. S. Hashimoto, M. Adachi, F. Iwata, "Directly measurement of shear force of a single adhesion cell using a self-sensitive cantilever," 25th 2014 International Symposium on Micro-NanoMechatronics and Human Science, Nagoya, 2014.11.11
66. S. Sakurai, K. Yamazaki, T. Ushiki, F. Iwata, "Development of a single cell electroporation method using a scanning ion conductance microscope with a theta type probe pipet," 25th 2014 International Symposium on Micro-NanoMechatronics and Human Science, Nagoya, 2014.11.11
67. T. Takai, G. Toyoda, F. Iwata, "Fabrication of micro three-dimensional structure using

- local electrophoresis deposition positioned with a laser trapping technique,” 6th International Conference on Positioning Technology 2014, Kitakyushu, 2014.11.19
68. M. Shiroko, I. Ishisaki, F. Iwata, “Positioning manipulation of nanoparticles using a high-speed AFM in tapping mode,” 6th International Conference on Positioning Technology 2014, Kitakyushu, 2014.11.19
69. T. Furukawa, S. Kanamori, M. Fukuta, Y. Nawa, H. Kominami, Y. Nakanishi, A. Sugita, W. Inami, Y. Kawata, “Fabrication of Luminescent Thin Film for Electron Beam Excitation Assisted Optical Microscope,” The 21st International Display Workshop, Niigata, 2014.12.4
70. M. Fukuta, S. Kanamori, T. Furukawa, Y. Nawa, W. Inami, S. Lin, Y. Kawata, “High resolution imaging of the unstained cells by scanning nano-scale cathodoluminescent light source,” Focus on Microscopy 2015, Göttingen, Germany, 2015.3.30

③ ポスター発表 (国内会議 25 件、国際会議 43 件)

〈国内〉

1. 居波 涉, “ナノイメージングとその応用,” 日本学術会議公開シンポジウム「先端フォトニクスの展望」, 日本学術会議講堂, 2010.4.9
2. 居波 涉, “電子線励起アシスト光学顕微鏡による液中下での高分解能観察,” 平成 22 年度日本分光学会年次講演会, 京都大学, 2010.11.20
3. 杉田 篤史、玉木 靖章、間瀬 暢之、川田 善正、田坂 茂, “アクリロニトリルを含有する高分子の薄膜非線形光学材料への応用,” 第 51 回高分子学会年次大会、パシフィコ横浜, 2012.5.29
4. 伊藤 一磨, 佐藤 保彰, 居波 涉, 間瀬 暢之, 川田 善正, 杉田 篤史, “トリシアノフラン系色素を含むホストゲストポリマーの二次非線形光学感受率に関する研究,” 第 6 回分子科学討論会, 東京大学, 2012.9.18
5. 佐藤 保彰, 玉木 靖章, 村上 健太, 伊藤 一磨, 居波 涉, 間瀬 暢之, 川田 善正, 杉田 篤史, “ポーリングされたホスト-ゲスト型非線形光学ポリマーの二次非線形光学感受率に関する研究,” 第 6 回分子科学討論会, 東京大学, 2012.9.18
6. 小野 義大, 周藤 要, 佐藤 知幸, 小野 篤史, 居波 涉, 川田 善正, 杉田 篤史, “クレッチマン法によって励起された増強光電場中の第二高調波発生,” 第 6 回分子科学討論会, 東京大学, 2012.9.18
7. 神谷 将至, 三宅 亜紀, 名和 靖矩, 居波 涉, 杉田 篤史, 小南 裕子, 川田 善正, 中西 洋一郎, “電子線励起型光学顕微鏡のための希土類ドーブ型 Y_2O_3 蛍光体薄膜の開発,” 第 6 回分子科学討論会, 東京大学, 2012.9.18
8. 杉田 篤史, 周藤 要, 佐藤 知幸, 小野 篤史, 居波 涉, 川田 善正, 田坂 茂, “表面プラズモン励起された非線形光学ポリマー中での第二高調波発生,” 日本物理学会 2012 年秋季大会, 横浜国立大学, 2012.9.18
9. 杉田 篤史, 山口 龍之介, 久保野 敦史, 田坂 茂, “ポリ L 乳酸の電界配向結晶化における膜厚依存性,” 第 61 回高分子討論会, 名古屋工業大学, 2012.9.19
10. 小野 篤史, 川島 光雄, 居波 涉, 川田 善正, “金ナノロッドの表面プラズモンカソードルミネッセンス,” 発光型/非発光型ディスプレイ合同研究会, 静岡大学, 2013.1.24
11. 三宅 亜紀, 金森 聡, 居波 涉, 小南 裕子, 川田 善正, 中西 洋一郎, “ Si_3N_4 上に作製した ZnO 蛍光体薄膜の構造および発光特性,” 発光型/非発光型ディスプレイ合同研究会, 静岡大学, 2013.1.24
12. 三宅 亜紀, “電子線励起微小光源による光ナノイメージングのための蛍光体薄膜開発,” 第 3 回先端フォトニクスシンポジウム, 日本学術会議講堂, 2013.4.26
13. 名和 靖矩, 居波 涉, 三宅 亜紀, 小野 篤史, 林 升, 川田 善正, 寺川 進, Chia-Yi Fang, Huan-Cheng Chang, “電子線直接励起蛍光顕微鏡による蛍光ナノダイヤモンドを用いた高分解能生体観察,” 第 22 回バイオイメージング学会, 東京大学, 2013.9.1

14. 守田 智勇, 神谷 将至, 益田 有里子, 名和 靖矩, 三宅 亜紀, 居波 涉, 小南 裕子, 川田 善正, 中西 洋一郎, 杉田 篤史, “電子線励起支援型超解像度光学顕微鏡のための $Y_2O_3:Eu$ 蛍光体薄膜の開発に関する研究,” 第74回応用物理学会秋季学術講演会, 同志社大学, 2013.9.16
15. 名和 靖矩, 川田 善正, “電子線励起による光ナノバイオイメージング,” 第4回先端フォトニクスシンポジウム, 日本学術会議講堂, 2014.8.8
16. 杉田 篤史, 平林 拓磨, 小野 篤史, 川田 善正, “NLOポリマー中での表面プラズモン増強光電場の第二高調波発生 II,” 日本物理学会 2014 年秋季大会, 中部大学, 2014.9.10
17. 高須 亮佑, 川田 善正, 間瀬 暢之, 杉田 篤史, “トリシアノフラン系色素を含む宿主/ゲストポリマーにおける二次非線形光学効果の界面吸着挙動に対する依存性 II,” 第75回応用物理学会秋季学術講演会, 北海道大学, 2014.9.18
18. 棚倉 悠史, 平林 拓磨, 小野 篤史, 川田 善正, 杉田 篤史, “金ナノロッド/非線形光学ポリマー複合系からの第二高調波発生の励起条件に対する依存性,” 第75回応用物理学会秋季学術講演会, 北海道大学, 2014.9.18
19. 鈴木 亮太, 伊藤 一磨, 間瀬 暢之, 鳴海 哲夫, 川田 善正, 杉田 篤史, “TCF-CF3 アクセプターを含む NLO 色素の無電界ポーリング法,” 第75回応用物理学会秋季学術講演会, 北海道大学, 2014.9.19
20. 守田 智勇, 豊嶋 祐樹, 福田 真大, 名和 靖矩, 居波 涉, 小南 裕子, 川田 善正, 中西 洋一郎, 堀田 育志, 杉田 篤史, “PLD 法で作製した $Y_2O_3:Eu^{3+}$ 蛍光体薄膜のカソードルミネッセンス特性,” 第75回応用物理学会秋季学術講演会, 北海道大学, 2014.9.20
21. 杉田 篤史, 佐藤 保彰, 伊藤 一磨, 間瀬 暢之, 川田 善正, “DR1/PMMA ホストゲストポリマーの無電界でのポーリング現象における分子配向性の調査,” 第8回分子科学討論会, 広島大学, 2014.9.23
22. 棚倉 悠史, 平林 拓磨, 二橋 俊介, 小野 篤史, 川田 善正, 杉田 篤史, “金ナノロッド/非線形光学ポリマー複合型非線形光学素子のポリマー積層条件による最適化,” 第62回応用物理学会春季学術講演会, 東海大学, 2015.3.13
23. 鈴木 亮太, 北川 顕磨, 間瀬 暢之, 鳴海 哲夫, 杉田 篤史, “TCF-CF3 アクセプターを含む NLO 色素の合成,” 第62回応用物理学会春季学術講演会, 2015.3.13
24. S. Lin, Y. Nawa, W. Inami, Y. Kawata, S. Terakawa, “Scavenger receptor-mediated gliding on the dendritic membrane of MACRCO cell,” 第120回日本解剖学会総会・第92回日本生理学会大会合同大会, 神戸, 2015.3.21
25. 杉田 篤史, 平林 拓磨, 棚倉 悠史, 二橋 俊介, 小野 篤史, 川田 善正, “二次元配列した金ナノロッドの線形光学応答,” 日本物理学会第70回年次大会, 早稲田大学, 2015.3.23

〈国際〉

1. A. Sugita, Y. Kawata, N. Wakiya, H. Suzuki, “Ultrafast nonlinear refractivity of lead lantum zirconate titanate ceramics,” 2011 Advanced Solid-State Photonics (ASSP), Istanbul, Turkey, 2011.2.13
2. Y. Tamaki, M. Morimoto, H. Silva, N. Mase, Y. Kawata, S. Tasaka, A. Sugita, “Self-organization of second order NLO activity in NLO-chromophore doped amorphous ferroelectric polymer,” Sixth International Conference on Molecular Electronics and Bioelectronics (ME&B6), Sendai, 2011.3.16
3. K. Suto, A. Konno, Y. Kawata, and A. Sugita, “Adsorption dynamics of N719 dyes on porous titanium oxides studied by Raman Scattering spectroscopy,” Sixth International Conference on Molecular Electronics and Bioelectronics (ME&B6), Sendai, 2011.3.16
4. Y. Nawa, W. Inami, A. Chiba, A. Ono, A. Miyagawa, Y. Kawata and S. Terakawa,

- “Development of Ultrahigh Spatial Resolution Luminescence Microscope for Live Cell Imaging with Focused Electron Beam Excitation,” Shizuoka University International Symposium Initiatives for Crossing Boundaries within Science and Technology, Shizuoka University, 2011.11.29
5. A. Sugita, K. Suto, A. Ono, W. Inami, and Y. Kawata, “Second harmonic generation in NLO polymers excited by surface plasmon enhanced electric field induced by femtosecond optical pulses,” 18th International Conference on Ultrafast Phenomena (UP2012), Lausanne, Switzerland, 2012.6.8
 6. F. Iwata, K. Yamazaki, K. Fukuda, T. Ushiki, “Single-cell electroporation using a scanning ion conductance microscope,” International Conference on Nanoscience+Technology, Paris Sorbonne, 2012.07.23
 7. I. Ishisaki, Y. Ohashi, T. Ushiki and F. Iwata, “Nanomanipulation of nanoparticles using high-speed imaging in tapping mode,” 20th International Colloquium on Scanning Probe Microscopy, Okinawa, 2012.12.16
 8. K. Yamazaki, K. Ishizaki, T. Sakurai, T. Ushiki and F. Iwata, “Nanoelectroporation for low-invasive delivery of biomolecules into a single living cell using a scanning ion conductance microscope,” 20th International Colloquium on Scanning Probe Microscopy, , Okinawa, 2012.12.16 (Invited Poster)
 9. Y. Sato, K. Ito, K. Murakami, N. Mase, W. Inami, Y. Kawata, and A. Sugita, “Optimal conditions of nonelectrical poling procedure for second order susceptibilities in NLO polymers,” Seventh International Conference on Molecular Electronics and Bioelectronics (M&BE7), Fukuoka, 2013.3.17
 10. K. Ito, Y. Sato, K. Murakami, N. Mase, W. Inami, Y. Kawata, and A. Sugita, “Nonelectrical poling behaviors of nonlinear optical chromophores with different electron accepting moieties,” Seventh International Conference on Molecular Electronics and Bioelectronics (M&BE7), Fukuoka, 2013.3.17
 11. M. Kikawada, A. Ono, W. Inami, Y. Kawata, “Deep-UV Surface Plasmon Resonance for Multi-Spectral Fluorescence Imaging,” The International Conference on Surface Plasmon Photonics, Ottawa, Canada, 2013.5.28
 12. A. Miyake, S. Kanamori, W. Inami, H. Kominami, Y. Kawata, Y. Nakanishi, “Development of phosphor thin films on SiN substrate for electron beam excitation assisted optical microscope,” the 2013 International Conference on Solid State Devices and Materials (SSDM2013), Fukuoka, 2013.9.26
 13. A. Miyake, S. Kanamori, W. Inami, H. Kominami, Y. Kawata, Y. Nakanishi, “Growth of ZnO Thin Film on SiN Substrate for Electron Beam Excitation Assisted Optical Microscope,” the 15th Takayanagi Kenjiro Memorial Symposium, Shizuoka University, 2013.11.12
 14. M. Kikawada, A. Ono, W. Inami, Y. Kawata, “Fluorescence Enhancement with Surface Plasmon Resonance in Deep-UV Region,” the 15th Takayanagi Kenjiro Memorial Symposium, Shizuoka University, 2013.11.12
 15. Y. Masuda, W. Inami, A. Miyakawa, Y. Kawata, “HeLa Cell Culturing on a Hydrophilicity Controlled Silicon Nitride Surface,” the 15th Takayanagi Kenjiro Memorial Symposium, Shizuoka University, 2013.11.12
 16. M. Fukuta, W. Inami, A. Ono, Y. Kawata, “The Cathodoluminescence Analysis Excited in $Y_2O_3:Eu^{3+}$ Luminescent Film,” 2013 Japan-Taiwan Bilateral Symposium in Nano/Bio-Photonics, Shizuoka University, 2013.11.26
 17. Y. Nawa, W. Inami, A. Miyake, A. Ono, S. Lin, S. Kanno, S. Hirano, Y. Kawata, S. Terakawa, C. Y. Fang, H. C. Chang, “High Spatial Resolution Multicolor Live Cell Imaging with Fluorescent Nano Diamonds Using Direct Excitation of Focused Electron

- Beam,” 2013 Japan–Taiwan Bilateral Symposium in Nano/Bio–Photonics, Shizuoka University, 2013.11.26
18. S. Kanamori, A. Miyake, W. Inami, H. Kominami, Y. Kawata, Y. Nakanishi, “Fabrication of ZnO Luminescent Thin Films and Observation of Samples by Electron Beam Excitation Assisted Optical Microscope,” 2013 Japan–Taiwan Bilateral Symposium in Nano/Bio–Photonics, Shizuoka University, 2013.11.26
 19. Y. Masuda, W. Inami, A. Miyakawa, Y. Kawata, “HeLa Cell Culture on a Hydrophilicity Controlled Silicon Nitride Surface,” 2013 Japan–Taiwan Bilateral Symposium in Nano/Bio–Photonics, Shizuoka University, 2013.11.26
 20. Y. Nawa, W. Inami, A. Miyake, A. Ono, S. Lin, Sanae Kanno, S. Hirano, Y. Kawata, S. Terakawa, C. Y. Fang, H. C. Chang, “High Spatial Resolution and Simultaneous Multicolor Live Cell Imaging Using Fluorescent Nano Diamonds by Direct Electron Beam Excitation,” International Symposium on Super–Resolution Imaging 2013, Hamamatsu, 2013.12.2
 21. M. Fukuta, W. Inami, A. Ono, Y. Kawata, “The Evaluation of Intensity Distribution Analysis of Cathodoluminescence Excited in $Y_2O_3: Eu^{3+}$ Luminescent Film,” International Symposium on Super–Resolution Imaging 2013, Hamamatsu, 2013.12.2
 22. S. Kanamori, A. Miyake, W. Inami, H. Kominami, Y. Kawata, Y. Nakanishi, “Fabrication of ZnO Luminescent Thin Films for Electron Beam Excitation Assisted Optical Microscope,” International Symposium on Super–Resolution Imaging 2013, Hamamatsu, 2013.12.2
 23. A. Sugita, C. Morita, M. Kamiya, A. Miyake, H. Kominami, Y. Nakanishi, Y. Kawata, “Fabrications of $Y_2O_3: Eu^{3+}$ Phosphor Thin Films for EXA Microscope,” International Symposium on Super–Resolution Imaging 2013, Hamamatsu, 2013.12.2
 24. Y. Masuda, W. Inami, A. Miyakawa, Y. Kawata, “Cell Culturing on Hydrophilicity Controlled Silicon Nitride Surface for Living Cell Imaging,” International Symposium on Super–Resolution Imaging 2013, Hamamatsu, 2013.12.2
 25. S. Kanamori, A. Miyake, W. Inami, H. Kominami, Y. Kawata, Y. Nakanishi, “Development of ZnO Luminescent Thin Films for Electron Beam Excitation Assisted Optical Microscope,” THE 21TH INTERNATIONAL DISPLAY WORKSHOPS, Sapporo, 2013.12.5
 26. Y. Masuda, Y. Nawa, W. Inami, Y. Kawata, “Surface hydrophilicity control of silicon nitride for cell culture,” Focus On Microscopy 2014, Sydney, Australia, 2014.4.14
 27. T. Hirabayashi, A. Ono, Y. Kawata, “SP–enhanced SHG from NLO Polymer–coated Au nanorods,” Thirteenth International conference on near–field optics, nanophotonics and related technologies, Snowbird, Utah, USA, 2014.9.1
 28. A. Sugita, T. Sato, K. Suto, A. Ono, Y. Kawata, “Enhancements of SP–mediated Nonlinearity with NLO Polymer,” Thirteenth International conference on near–field optics, nanophotonics and related technologies, Snowbird, Utah, USA, 2014.9.3
 29. M. Kawashima, A. Ono, W. Inami, Y. Kawata, “Analysis of the Metallic Nanostructure Surface Plasmon Modes by the Cathodoluminescence Method,” The 16th Takayanagi Kenjiro Memorial Symposium, Hamamatsu, 2014.11.11
 30. Y. Nawa, W. Inami, A. Ono, S. Lin, Y. Kawata, S. Terakawa, “Label–Free Organelle Imaging with High Spatial Resolution by D–EXA Microscopy,” The 16th Takayanagi Kenjiro Memorial Symposium, Hamamatsu, 2014.11.11
 31. M. Kikawada, A. Ono, W. Inami, Y. Kawata, “High Sensitive Bioimaging Using Surface Plasmon Resonance in Deep Ultraviolet Region,” The 16th Takayanagi Kenjiro Memorial Symposium, Hamamatsu, 2014.11.11
 32. M. Fukuta, W. Inami, A. Ono, Y. Kawata, “The Evaluation of Cathodoluminescence

- Analysis Excited in $Y_2O_3:Eu^{3+}$ Luminescent Thin Film,” The 16th Takayanagi Kenjiro Memorial Symposium, Hamamatsu, 2014.11.11
33. T. Furukawa, S. Kanamori, M. Fukuta, Y. Nawa, H. Kominami, Y. Nakanishi, A. Sugita, W. Inami, Y. Kawata, “Fabrication of Luminescent Thin Films for Electron Beam Excitation Assisted Optical Microscope,” The 16th Takayanagi Kenjiro Memorial Symposium, Hamamatsu, 2014.11.11
 34. Y. Masuda, Y. Nawa, T. Furukawa, S. Lin, W. Inami, Y. Kawata, “Surface Hydrophilicity Control of Silicon Nitride for Cell Culture,” The 16th Takayanagi Kenjiro Memorial Symposium, Hamamatsu, 2014.11.11
 35. T. Nagashima, W. Inami Y. Kawata, “Development of Microparticle Manipulation by Optically Controllable Electrophoresis,” The 16th Takayanagi Kenjiro Memorial Symposium, Hamamatsu, 2014.11.11
 36. S. Sakurai, K. Yamazaki, T. Ushiki, F. Iwata, “Development of a single cell electroporation method using a positioned theta type nano pipette,” 6th International Conference on Positioning Technology 2014, Kitakyushu, 2014.11.20
 37. S. Hashimoto, M. Adachi, F. Iwata, “Quantitative measurement of shear force of a single adhesion cell using a positioned self-sensitive cantilever,” 6th International Conference on Positioning Technology 2014, Kitakyushu, 2014.11.20
 38. S. Sakurai, K. Yamazaki, T. Usiki, F. Iwata, “Development of a single cell electroporation method using a scanning ion conductance microscope with a theta type nanopipette,” 22nd International Colloquium on Scanning Probe Microscopy, Atagawa, 2014.12.11
 39. S. Hashimoto, M. Adachi, F. Iwata, “Cell Adhesion surement of a Single Cell Using a Self-sensitive Cantilever,” 22nd International Colloquium on Scanning Probe Microscopy, Atagawa, 2014.12.11
 40. T. Nagashima, W. Inami, Y. Kawata, “Microparticle Manipulation in Liquid by Using Optically Controllable Electrophoresis,” ISOM’14 Workshop, Tokyo, 2014.12.18
 41. M. Kawashima, A. Ono, W. Inami, Y. Kawata, “Analysis of the Metallic Nanostructure Surface Plasmon Modes by the Cathodoluminescence,” ISOM’14 Workshop, Tokyo, 2014.12.18
 42. S. Kanamori, M. Fukuta, T. Furukawa, W. Inami, H. Kominami, Y. Kawata, Y. Nakanishi, “Fabrication of Bright Cathodoluminescent Thin Films for Nanometric Light Source of High Resolution Optical Microscope,” 2015 International Symposium toward the Future of Advanced Researchers, Hamamatsu, 2015.1.27
 43. Y. Masuda, Y. Nawa, S. Lin, W. Inami, Y. Kawata, “Cell Culturing on Hydrophilicity Controlled Silicon Nitride Surface for Cell Imaging,” 2015 International Symposium toward the Future of Advanced Researchers, Hamamatsu, 2015.1.27

(4)知財出願

①国内出願 (1 件)

1. 光学顕微鏡、川田善正、宮川厚夫、静岡大学、出願日：平成 21 年 6 月 3 日、出願番号：特願 2010-515898、登録日：平成 25 年 7 月 19 日、登録番号：特許 5317133 号
2. 可視光波長未満の厚さの蛍光薄膜、川田善正、宮川厚夫、静岡大学、出願日：平成 21 年 3 月 26 日、出願番号：特願 2009-076543

②海外出願 (1 件)

1. Optical Microscope, Yoshimasa Kawata, Atsuo Miyakawa, Shizuoka University, US 移行日：2009/06/03, US 出願番号：12/995659, 登録日：2012/07/10, US 特許番号：82176346 号

(5)受賞・報道等

①受賞

1. 松村 行真, “自己組織化プロセスのレーザー制御: 溶液表面からのレーザー集光深さによる領域制御,” レーザー学会第30回年次大会優秀論文発表賞, 2010.5.31
2. 松村 行真, “自己組織多孔薄膜のナノ秒パルスレーザー照射による構造制御,” 第17回レーザー夏の学校「ベストポスター賞: 田部賞」, 2010.8.30
3. *名和 靖矩, 居波 涉, 小野 篤史, 宮川 厚夫, 川田 善正, 寺川 進, “電子線直接励起による高分解能蛍光顕微鏡の提案,” 日本バイオイメーjing学会第19回日本バイオイメーjing学会学術集会「ベストイメーjing・浜松ホトニクス晝馬賞」, 2010.9.11
4. Y. Matsumura, W. Inami, Y. Kawata, “Control of self-organization microporous honeycomb film by the irradiation of nano second laser pulse,” International Symposium on Optomechatronic Technologies (ISOT2010), Innovation on Optomechatronics Research Award, 2010.10.27
5. M. Tsuji, T. Tsukamoto, W. Inami, Y. Kawata, M. Ito, “Parallel signal readout for roll-type optical advanced memory,” International Symposium on Optical Memory 2010 (ISOM'10), Best Academic Paper Award, 2010.10.28
6. R. Akimoto, Y. Watanabe, W. Inami, A. Ono, Y. Kawata, “Enhancement of photoelectron emission by deep-UV excited surface plasmon,” Korean-Japanese Student Workshop 2010 (KJS2010), Best Presentation Award, 2010.11.3
7. 居波 涉, 名和 靖矩, 小野 篤史, 宮川 厚夫, 川田 善正, 寺川 進, “電子線アシスト光学顕微鏡による液中下での高分解能観察,” 平成22年度社団法人日本分光学会年次講演会, 若手ポスター賞, 2010.11.19
8. 居波 涉, “蛍光寿命測定による細胞内イオン濃度の定量測定法の開発,” 日本科学協会, 平成22年度笹川科学奨励賞, 2011.4.28
9. Y. Nawa, “Development of Ultrahigh Spatial Resolution Luminescence Microscope for Live Cell Imaging with Focused Electron Beam Excitation,” Shizuoka University International Symposium Initiatives for Crossing Boundaries within Science and Technology, Best Poster Award, 2011.11.29
10. 名和 靖矩, 第21回バイオイメーjing学会学術集会 ベストイメーjingニコン賞, 2012.8.28
11. *名和 靖矩, “電子線直接励起による液中ナノ粒子の動的観察,” 第32回応用物理学会 講演奨励賞(光分野), 2012.9.11
12. 名和 靖矩, 静岡大学創造科学技術大学院大学院長賞, 2012.9.27
13. *川田 善正, “電子線励起微小光源を用いた超解像光学顕微鏡の開発,” 平成25年度第6回中谷賞大賞, 2014.2.28
14. Y. Masuda, W. Inami, Y. Nawa, Y. Kawata, “HeLa Cell Culturing on a Hydrophilicity Controlled Silicon Nitride Surface,” 5th International Conference on Photonics, ICP 2014 Best Paper Award, 2014.9.3
15. M. Kawashima, A. Ono, I. Wataru, Y. Kawata, “Cathodoluminescence Imaging for the Visualization of Surface Plasmon Modes on Metallic Nanostructures,” 5th International Conference on Photonics, ICP 2014 Best Paper Award, 2014.9.3
16. 益田 有里子, 静岡大学学長賞, 2014.12.11
17. 川島 光雅, 静岡大学学長賞, 2014.12.11
18. T. Nagashima, W. Inami, Y. Kawata, “Microparticle Manipulation in Liquid by Using Optically Controllable Electrophoresis,” ISOM'14 Workshop, Best Presentation Award, 2014.12.18
19. 黄川田 昌和, 小野 篤史, 居波 涉, 川田 善正, “深紫外励起による非染色細胞の高感度プラズモニクイメーjing,” レーザー学会学術講演会第35回年次大会, 第35回

年次大会優秀論文発表賞, 2015.1.11

20. 城下 直哉, 小野 篤史, 黄川田 昌和, 居波 涉, 川田 善正, “深紫外表面プラズモンによる高効率光電子変換,” レーザー学会学術講演会第 35 回年次大会, 第 35 回年次大会論文発表奨励賞, 2015.1.12
21. S. Kanamori, M. Fukuta, T. Furukawa, W. Inami, H. Kominami, Y. Kawata, Y. Nakanishi, “Fabrication of Bright Cathodoluminescent Thin Films for Nanometric Light Source of High Resolution Optical Microscope,” 2015 International Symposium toward the Future of Advanced Researchers, Poster Award for the outstanding poster presentation, 2015.1.27
22. 原 直渡, 名和 靖矩, 居波 涉, 川田 善正, “ウルトラファインバブルの解析と高分解能イメージング,” 第 9 回情報フォトニクス研究会関東学生研究論文講演会, ポスター賞, 2015.3.10

(6)成果展開事例

①実用化に向けての展開

成果として得られたイメージング法を広く認知していただくために、展示会、セミナー等に積極的に参加し、紹介・指導を行なっている。

- 浜松地域イノベーション推進機構の協力を得、海外(特にドイツ)で本顕微鏡システムを紹介し、そのニーズなどを検討して頂いている。

②社会還元的な展開活動

得られた成果を発表する場として国際シンポジウム“Super Imaging”を2011年と2013年に開催し、国内外からそれぞれ280名、260名の参加者を集めた。本シンポジウムは参加費無料で開催し、展示会も併設するなど1日のみのシンポジウムで地方開催にも関わらず、国内外からの参加者を集め大好評を得た。

- 外部の方にも自由に参加いただけるCREST研究会を11回開催し、それぞれ50～60人程度の参加者を集めた。定期的に行われ、特に浜松地域の研究者の交流および議論の場を提供した。

§ 5 最後に

チーム全体の研究遂行としては、非常にスムーズかつ連携のとれた体制で実施することができたものとする。研究成果としては、まだ不十分な部分があると思うが、生きた生体試料の動態を高分解能で観察することを示すことができ、目指すものに近いものが達成できたものと思っている。本研究では、顕微鏡の分解能を評価し、生物試料観察の可能性を評価することにフォーカスしたため、今後は生物機能のメカニズムを解明することを目的として、本イメージング手法の可能性を検討していきたいと考えている。特に細胞のレセプターおよびイオンチャネルの観察、膜輸送メカニズムの解析にフォーカスした研究を展開することを検討していきたい。

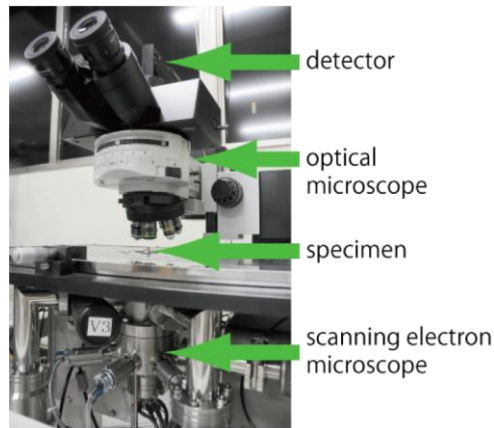


図. 開発した光ナノイメージングシステムの外観



図. 研究室メンバーのスナップ写真