

戦略的創造研究推進事業 CREST
研究領域「新機能創成に向けた光・光量子科学技術」
研究課題「ナノ光電子機能の創生と局所光シミュレーション」

研究終了報告書

研究期間 平成17年10月～平成23年3月

研究代表者：堀 裕和

（国立大学法人山梨大学大学院医学工学総合研究部、教授）

§ 1 研究実施の概要

ナノ領域で真の機能を発現しマクロ機能に接続する構造を、物理と情報理論研究から探索し、これを実現する半導体ナノ量子構造デバイスの開発と近接場光励起輸送機能の計測に成功した。さらに、機能原理の理論基盤構築とシミュレーション手法確立に基づくナノ光電子機能の創生に挑戦し、科学技術基盤の構築を完了した。

ナノ光電子機能の特色と科学技術基盤の開拓

ナノ光電子機能は、常にマクロな散逸を伴う機能を素過程とする従来型電子デバイスと、外界と完全に隔離された動力学に基づく量子デバイスとの中間に位置し、ナノからマクロに至る空間的階層ごとに、散逸とコヒーレンスが共存する素過程に基づく機能を持つ、新概念機能構造を実現するものである。近接場光相互作用の階層性は、局所光源近傍電磁場の指数関数的減衰特性とベクトル性に基づく際立った特徴であり、本研究の分野融合的研究を通じて機能面での有用性が多様な側面から開拓された。これに基づいて希薄磁性半導体ナノ量子構造を用いたデバイスの開発と、位置再現性を極限まで高めた近接場分光イメージング技術の開発に基づいて、光電子機能の基本特性が解明され、多様な側面からの理論研究と合わせて、ナノ光電子機能の基盤科学技術が構築された。

研究背景と研究推進

ナノ光電子機能の創生は、配線型の電子デバイスから脱却し、エネルギー散逸を最小限に抑え、従来型電子素子では実現し得ない新機能を開拓する、次世代機能デバイス・システムに必須の諸要件を実現する、新科学技術基盤である。本研究プロジェクトでは、これに先立つ10年間に構築した、光と電子系の科学技術の融合研究を基盤としている。これを機能デバイスおよび機能システムとして具現化するための、材料開発、機能評価実験装置開発を、ナノメートル領域における機能構造の情報理論的探索と、その基盤となる物理素過程の研究、数学構造および数値計算の研究とシミュレーション開発と密接に連携させて展開し、新機能素子の創生とその科学技術基盤の構築、さらに光電子融合機能に関わる新科学技術領域の開拓を目指して、幅広い分野融合的研究展開を行った。

研究内容と成果の概要

研究は下記の3項目を大きな要素として融合的に推進し、目標をほぼ達成する成果をあげた。

- ◇デバイスおよびシステム開発と機能評価
- ◇ナノ領域固有の機能を記述し設計する数理機構開発
- ◇ナノ領域固有の機能を評価する物理理論構築

◇デバイスおよびシステム開発と機能評価

・デバイス開発と機能評価

デバイスおよびシステム開発と機能評価においては、外部磁場でナノメートル領域の励起輸送経路を制御できるスピンチェーン励起移動制御素子を、磁性-非磁性半導体結合量子井戸構造によって実現し、強磁場下での励起子発光偏極計測により、スピン依存励起移動過程を実証した。並行して低温・強磁場環境下で、ナノレベル平坦表面の走査型トンネル電子顕微鏡(STM)計測による表面形状を位置の絶対基準とし、内部に埋め込まれたナノ構造の近接場発光の階層的3次元分光イメージングを数nmの位置再現性で計測する、世界的に類を見ないSTM支援走査型近接場光学顕微分光システムを開発した。これらの要素技術に基づき、希薄磁性半導体量子井戸構造を分子線エピタキシーで作製し、近接場光学イメージング分光計測を行い、量子井戸幅と磁性原子濃度分布に起因する数10nmの構造を持つ励起子発光パターンを外部磁場によって制御することに成功した。また近接場励起輸送過程

研究に関して、ナノレベル平坦表面に埋込んだ金ナノロッド構造のプラズマ共鳴を利用した、近接場計測に対する場の構造安定性を有するナノ構造の2次元光源系を開発し、ナノ情報理論と近接場励起輸送理論から予測した近接場光相互作用の階層性を、直接実験的に検証することに成功した。これらの世界に類を見ない成果により、ナノ光電子機能構造の最重要基盤技術が実現した。

・システム原理開拓とナノ光電子機能システム開発

実験研究と密接に連携した、情報処理機構研究では、近接場光相互作用の階層性に基づく新機能を、近接場光相互作用理論を基礎とし、エネルギー散逸が生じる空間スケールに注目して解析する、世界に先駆けた研究を行った。ナノ領域における光励起輸送に関する情報システム基盤構築と、ナノ領域における近接場光の階層性の分析と階層型光システムの基盤構築に成功し、散逸の少ない耐盗聴性（耐タンパー性）の高い素子構造が、ナノ光電子機能で実現し得ることを世界に先駆けて解明した。情報処理機構研究の成果を階層的ナノ光電子機能システム構築にフィードバックし、磁性原子の局所密度のナノ加工等に基づく変調、あるいはその局所揺らぎを利用した個性を持つ積層量子井戸構造が、次世代情報処理機能の観点から重要であることを明らかにした。これに基づき、磁性-非磁性結合半導体量子構造作製の基盤技術を、多層化素子作製へと展開して、結合量子井戸3階層からなるデバイス作製を進めている。さらにナノ光電子機能を多様な量子構造において探索し、カーボンナノチューブ複合体が担持する色素分子発光の局所分光計測、表面近傍スピン偏極原子団に基づく機能計測の研究を展開し、基礎となる実験装置の開発を行った。

◇ナノ領域固有の機能を記述し設計する数理機構開発

本研究プロジェクトの特色は、ナノ光電子機能創生を、素子開発ならびに機能評価実験と密接に連携した、機能原理の理論基盤構築およびシミュレーション手法確立に基づいて推進し、新科学技術基盤を構築することにある。

ナノ光シミュレーションにおいては、数学研究に基づく精密な電磁界理論と精度保証数値計算法確立および近接場光相互作用に適したシミュレーション機構開発、ナノ光電子融合機能を扱う相互作用理論、局所環境系を考慮した非平衡開放系における機能理論等、幅広い観点の研究を互いに連携させて推進した。

数理的研究においては、局所光シミュレーション構築の基盤である階層構造的デバイス構成と階層構造的計算手法に基づく局所光機能開発のコンセプトを具体化し、精度保証付き数値計算、シンプレクティック FDTD 法、逆問題のモデリングと計算アルゴリズム、階層構造の数理モデルの開発を行った。

数理的検討の結果、近接場光学の基礎にある多重散乱問題に対して、Maxwell 方程式に対応する Lippmann-Schwinger 方程式に基づく近接場光シミュレーションの精度把握が原理的に可能であることを明らかにした。計算技術研究では、既存の浮動小数点演算機構を巧妙に利用した高速高精度ベクトル内積計算技術確立し、極めて悪条件かつ巨大な線形方程式の解法に新たな道を拓いた。

さらに、FDTD シミュレーションがシンプレクティック差分法の一例になっているという観点から、より性能の良い拡張された FDTD シミュレータの実装化を行い、性能比較を進め、標準的例題により計算速度の改善を確認した。

近接場光の数値シミュレーション技術を補完するものとして、空間スケールの階層ごとに異なる機能を有するナノ構造をデザインする方法の開発につながる、近接場光に関わる逆問題のための数理モデルの構築を行った。階層構造については、構造論的手法を用いる数学モデルの研究を行い、新機能発現に向けた探索を行った。

◇ナノ領域固有の機能を評価する物理理論構築

光電子系の励起輸送理論研究では、電子系理論と近接場光学理論それぞれに基盤を置く研究を並行して推進し、その結果として散逸とコヒーレンスが共存する輸送過程を記述する、形式的にもよい対応を示す理論基盤が構築された。

・電子系を基盤とするナノ光電子機能理論構築

電子系理論を基盤として、電子と輻射場とが共存する系を解析し、光と電子系の両分野を融合する理論研究へと発展させた。すなわち、分子架橋、分子薄膜層を対象にして、分子内および分子・電極間のトンネル過程、電子や励起子のコヒーレント型および散逸型輸送過程の競合、電子レベルにおける発光過程などを研究し、有機分子を含むナノ構造系の性質と機能を明らかにし、理論シミュレーション法を開発した。ナノ接合の電子伝導メカニズム、分子注入電子の動的挙動、非線形I-V特性の解明、電子と外場との結合による擬ポーラロン効果など、電極・分子間の電子遷移の基本的なメカニズムを解明した。電極・分子間の電子遷移に伴うデコヒーレント過程、ポーラロン障壁やゼロバイアス異常、タンパク質分子の蛍光の力学的制御機構を明らかにし、有機分子における励起子の生成・拡散・解離の解析理論などを開発した。

・近接場光学を基盤とするナノ光電子機能理論構築

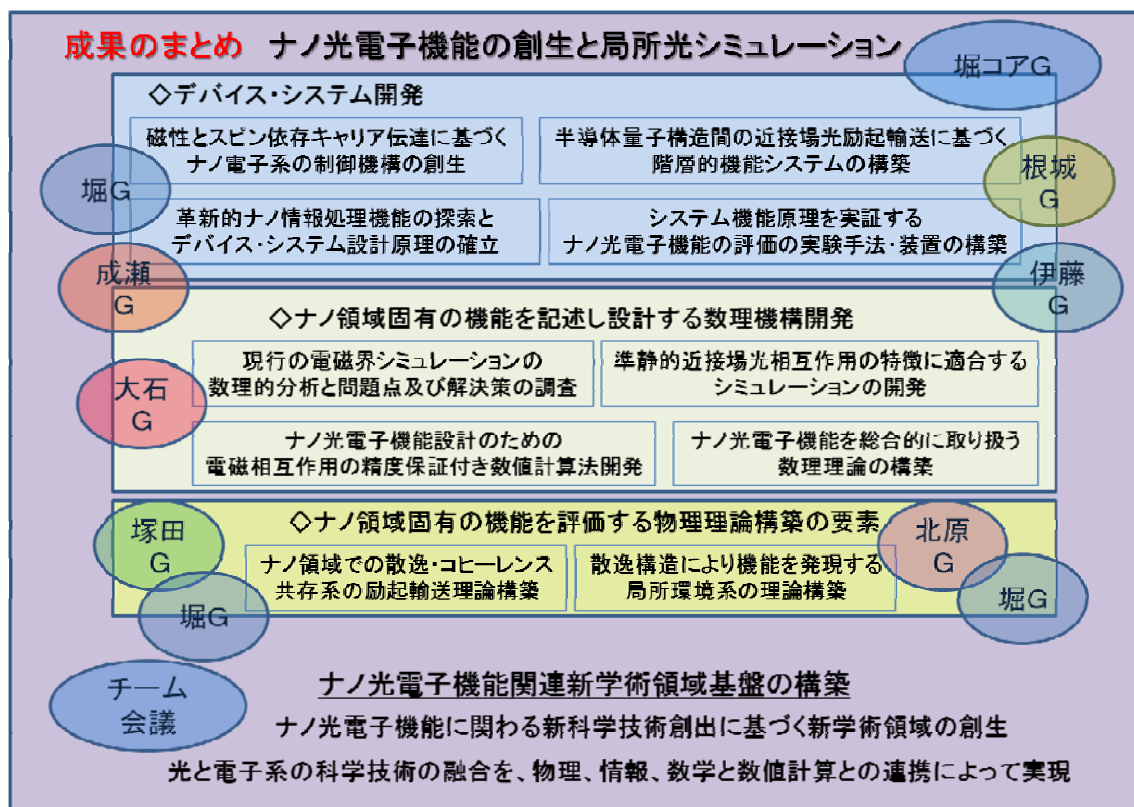
ナノ光電子機能デバイスの機能と密接に連携した、局所光励起輸送の理論研究では、ナノ領域に局在する光とナノ物質とが相互作用する系の特徴を抽出する近接場量子光学理論モデルを構築した。また、局所散逸過程の記述を視野に入れ、光子と電子励起に加えて、フォノン自由度の働きを解明を行った。独自の光子モデルを基盤にフォノン自由度を取り入れる拡張を行い、光子と電子励起をポラリトン基底に変換し、さらに電子-フォノン相互作用をポラリトン-フォノン相互作用に変換することで、ナノ物質と相互作用する光子をコヒーレントフォノンの衣を着た状態として記述できることを明らかにした。孤立した近接ナノ物質間をホッピングする衣を着た光子の時間発展を求め、フォノン-光子結合定数に応じた緩和と局在が現れることなどを明らかにした。さらに局在光に駆動されるナノ物質間の励起移動の素過程のスピン自由度に着目した解析、緩和過程と協同現象の探究を行い、実デバイス研究に結びつく信号輸送過程の基礎研究を行った。

・局所環境系との関わりを基盤とするナノ光電子機能理論構築

ナノ光電子機能の階層的特質から、局所環境系の概念に基づく散逸過程を取り入れた、階層的非平衡開放系としてのデバイス・システムの理論研究が、極めて重要な基盤となることが研究過程で明らかとなった。ナノ光電子機能探索にむけて、励起輸送の素過程となる古典量子結合系の理論、局所平衡に基づく線形応答理論、局所環境という束縛条件を受けている自由度による階層性の取り扱いの研究を、各種量子古典結合機能系を例題として推進し、経路積分の半古典近似を用いた運動方程式を導出し、経路積分の方法でのナノにおいて有効となる熱揺らぎの効果に関する「揺らぎの定理」を定式化した。さらに、束縛条件をもつ自由度における運動の研究を、ナノ光電子機能の階層性と結び付けて推進し、入出力に関連付けた励起輸送による機能表現するなどの理論的基盤を構築した。

まとめと展望

本プロジェクトでは、ナノ光電子機能に関わる新科学技術創出と、新学術領域創生に取組み、光と電子系の科学技術の融合を、物理、情報、数学と数値計算との連携によって実現する、新学術領域創成の基盤構築を行った。今後、これらの基礎技術や科学基盤の広範な展開研究が推進され、実用化においても新概念に基づく多様な新機能デバイスおよびシステムの創出を導くものとする。



§ 2. 研究構想

(1) 当初の研究構想

本研究は、「素子のナノ化から機能のナノ化へ」、「近接場光で作る近接場光励起輸送デバイス」のコンセプトのもとに、「近接場光による励起移動で機能する新概念ナノ信号処理システム創生」、「近接場光が生み出す機能に焦点を絞ったシミュレーション技術の開発」を達成目標とした。近接場光相互作用の基礎研究とものづくりが一体となってナノデバイスを機能させるブレークスルーを目指し、以下の4つの具体的課題に取り組む。また、ナノ空間の励起輸送・散逸過程を解析し、局所光・電子系の融合サイエンスという新しい科学技術分野の構築を目指す。

スピンチェーン制御励起移動型デバイス製作

ナノ光電子機能を発現する基本構造として、傾斜基板上に分子線エピタキシーによって、量子井戸とスピンチェーンを組み合わせたキャリア閉じ込めおよび制御構造を作製する。この構造を用い、強磁場中でのエキシトン発光特性の近接場光学観測を行い、励起移動型デバイスの動作原理および、近接場光相互作用による励起移動の制御技術を実証する。次にスピンチェーンで制御するL字型ナノメーターサイズ半導体量子構造を基本素子とする信号伝達デバイスを製作し、基本素子に閉じ込めた励起子の素子内移動と素子間結合の素過程を、近接場光相互作用で制御できることを実証する。さらに、これを積層した構造を作製し、ナノメーターサイズの空間分布を持つ局所光信号パターンからの励起注入を階層的に処理し、マクロな光出力として取り出す光機能システムの構築を目指す。

局所光シミュレーション技術開発

近接場量子光学における逆問題のモデリングと計算アルゴリズムを確立し、蓄積された

データのみから近接場相関を明らかにし、これに基づき実空間構造を逆算する。近接場形成の物理とナノスケール近接場の設計制御のための数理モデルの開発を推し進め、ナノ光電子機能システム設計製作の重要な基盤技術を構築する。

量子機能創生

ナノメーター領域での局所光による励起移動の素過程を詳細に調べ、発展的量子機能とシステム構成のために、分子架橋における励起輸送の理論研究を展開する。また、理論との連携をとり重要な素過程を把握しながら、トンネル電子により励起される分子系を用いたナノ領域の光励起の直接観測の実験を遂行する。これによって、ナノ光機能と分子架橋系を組み合わせた、量子デバイス構築の基盤づくりを行う。これと並行して通信システム理論に基づく応用可能性を踏まえて、ナノ領域における光電子過程の解明を進め、量子機能と散逸による信号情報の制御法を検討する。

スピントラップの振る舞いを、量子機能を発現する少数スピン系に発展させるために、スピントラップを創生しこれをナノ光機能と結合させる研究を遂行し、量子機能と信号処理伝達系を融合したシステム創生を目指す。これを局所光の円偏極制御でナノ光デバイスに結合することで、新概念の量子光学機構の研究を行う。スピントラップは、レーザー冷却原子の局所光による操作技術を発展させ、極低温で生成する希ガス原子単結晶基板上へのスピン偏極原子の堆積で実現し、スピン計測技術で評価する。

局所光理論開拓

ナノ電子系の第一原理計算と電磁界シミュレーションとの融合進め、また吸収体からの輻射の反作用など、量子電磁気学の基礎問題を、近接場光学的視点から実例に基づいて明らかにする。これらの研究から、ナノ物質の誘電率などの局所光に対するナノ光物性の理論的評価を可能にする新しい電子フォトン系のサイエンスを開拓する。さらに、分子架橋系の基礎実験と非平衡開放系の詳細な考察に基づいて、局所光が媒介する信号情報の伝送メカニズムを研究する。また、情報通信システム理論的観点を取り入れ、近接場光相関をスケールごとに制御する階層構造型の機能創生を探究し、これを実現するために、ナノ光源とナノ受光器を、ナノリソグラフィーで作る光波長以下の構造を持つ散乱媒質で囲む新しい構造を作製するとともに相関制御という新概念を開拓する。

(2)新たに追加・修正など変更した研究構想

スピントラップ制御励起移動型デバイス製作

・ナノ光リソグラフィーによるL字デバイスの作製

当初計画では、ナノ光リソグラフィー技術を外注し、その結果に基づく近接場光加工シミュレーションを予定していたが、企業が当該技術から撤退し、他機関への依頼も困難であったことから、独自にナノ光リソグラフィー実験を進めた。しかし、クリーンルーム環境等が不十分であるため、当面ナノレベルの評価ができないため、今後の他研究機関との連携による推進を検討し基礎研究を進めている。またFIB加工を用いる半導体量子構造の作製も試みることとし、その実験研究を進めたが、本課題で用いる半導体材料がFIBに対しては脆弱であることから、基本的にはナノ光リソグラフィーが有利であることがわかった。

本研究課題における情報理論的研究の過程で、現および次世代の情報理論の動向からも、規則的な構造を作成することはむしろ重要ではなく、例えば脳が個々に異なる構造を有しながら共通の機能を発揮できるように、ランダムな構造において、デバイスの個別化や複雑化などの観点からは、むしろ有用な機能構造を実現できることが明らかとなった。これにより、本研究では、開発の重点を、磁性原子注入の局所揺らぎを積極的に活用する方向に移してデバイス・システム開発を進め、当初予定のL字型積層デバイスよりも一層大規

模な複雑ネットワークシステムをナノ領域要素から構成し得る、結合量子井戸構造に基づくナノ近接場発光系の開発に成功し、その積層構造化を進めている。

局所光シミュレーション技術開発

課題の一つとして、統計的推論に基づくナノ光リソグラフィーパターン設計に関わる、数理構造と数値計算機構の開発を進める計画を立てていたが、この手法はさらにより広いナノ光電子機能の素過程の評価とこれに基づく設計において、極めて優れた適性を持つことが、デバイス開発および情報理論的考察の進展とともに明らかになった。実験研究の都合により、当初計画のナノ光リソグラフィーに関する情報の蓄積に基づくマスク設計等が計画変更になったことから、本研究過程で確立した近接場光に関わる逆問題のための数理モデル構築を、諸網の機能を持つデバイス構造の逆算の可能性探索に拡張し、希薄磁性半導体量子井戸における磁場制御に成功したナノ発光パターンデータ等から、キャリア輸送過程や発光過程、さらにプローブによる近接場光計測過程の特徴分離を行うなどの方法に適用する研究を推進している。

量子機能創生

当初目標のナノ光電子系の理論とシミュレーション開発では近接場光（近接輻射場）の衣をまとった電子系（すなわち輻射場と電子の連成系）の性質について研究を進める予定であったが、単独の電子系または励起子系などの後半部の課題を中心に研究を進めた。その理由は、単独の電子系や励起子系の理解が必ずしも明確でない状況において連成系の研究を開始するのは必ずしも得策でないこと、単独系においても新規な現象や未知の現象が発見されており、まずその解明が重要であると認識したためである。

本研究では分子架橋、分子薄膜層を対象にして、分子・電極間のトンネル過程、電子や励起子の輸送過程、発光過程などを研究し、これらの有機分子ナノ構造系の性質と機能を明らかにした。ナノ接合系の電子伝導の基礎的なメカニズム、電子または励起子と分子振動または輻射場との強い結合の効果などについて理論的に明らかにしており、これらの成果はそれ自体意義のあるものであるとともに、必要に応じて当初目標である電子と輻射場の連成系研究の出発点となるものである。

局所光理論開拓

デバイス研究に関する計画変更で述べたように、本研究課題における情報理論的研究の成果によりデバイスの個別化や複雑化などの観点から、開発の重点を、磁性原子注入の局所揺らぎを積極的に活用する方向に移してデバイス・システム開発を進め、当初予定のL字型積層デバイスよりも一層大規模な複雑ネットワークシステムをナノ領域要素から構成し得る、結合量子井戸構造に基づくナノ近接場発光系を念頭に置いた、局所光理論開拓を進めている。

§ 3 研究実施体制

(1)「堀」グループ(山梨大学)

①研究参加者

氏名	所属	役職	参加時期
堀 裕和	国立大学法人山梨大学 大学院医学工学総合研究部	教授	H17.10～
松本 俊	国立大学法人山梨大学 大学院医学工学総合研究部	教授	H17.10～
鳥養 映子	国立大学法人山梨大学 大学院医学工学総合研究部	教授	H17.10～
鍋谷 暢一	国立大学法人山梨大学 大学院医学工学総合研究部	准教授	H17.10～
居島 薫	国立大学法人山梨大学 大学院医学工学総合研究部	准教授	H17.10～
村中 司	国立大学法人山梨大学 大学院医学工学総合研究部	准教授	H18.4～
白木 一郎	国立大学法人山梨大学 大学院医学工学総合研究部	助教	H18.4～
内山 和治	国立大学法人山梨大学 工学部電気電子システム 工学科 国立大学法人山梨大学 大学院医学工学総合研究部	研究員 助教	H19.10～ H20.10 H20.11～
安久 正紘	国立大学法人茨城大学	名誉教授	H17.10～ H20.6
井上 哲也	山梨県立産業技術短期 大学校	主任	H17.10～
小林 潔	国立大学法人東京工業 大学 国立大学法人東京大学 大学院工学系研究科 国立大学法人山梨大学 大学院医学工学総合研究部	特任教授 特別研究員 教授	H17.10～ H20.3 H20.8～ H21.3 H21.4～

②研究項目

- ・ナノ電子機能の創生
- ・局在光励起輸送の理論展開

(2)「大石」グループ(早稲田大学)

①研究参加者

氏名	所属	役職	参加時期
大石 進一	早稲田大学・理工学術院	教授	H17.10～
田邊 國士	早稲田大学・理工学術院	教授	H17.10～
山中 由也	早稲田大学・理工学術院	教授	H17.10～
上田 皖亮	早稲田大学・理工学術院	教授	H19.4～
堤 正義	早稲田大学・理工学術院	教授	H19.11～
齊藤 郁夫	公立はこだて未来大学	教授	H19.4～
小笠原 義仁	早稲田大学・理工学術院	講師	H18.4～

②研究項目

- ・局所光シミュレーション

(3)「成瀬」グループ(情報通信研究機構)

①研究参加者

氏名	所属	役職	参加時期
成瀬 誠	独立行政法人情報通信研究機構	主任研究員	H17.10～

②研究項目

- ・局所光を用いた情報処理システムの基盤技術の研究

(4)「北原」グループ(国際基督教大学)

氏名	所属	役職	参加時期
北原 和夫	国際基督教大学	オスマー記念 科学教授	H17.10～
Julian Koe	国際基督教大学	準教授	H19.1～H20.3
岡村 秀樹	国際基督教大学	助教	H18.10～H20.3
曾根 朋子	国際基督教大学	研究補助員	H.20.7～
矢口 桃	国際基督教大学	研究補助員	H.22.6～

②研究項目

- ・局所光励起輸送の電磁界および統計力学理論の展開

(5)「塚田」グループ(早稲田大学・東北大学)

①研究参加者

氏名	所属	役職	参加時期
塚田 捷	早稲田大学(H.17～H.21.3) 東北大学(H21.4～)	教授	H17.10～
田上 勝規	早稲田大学	講師	H17.10～H.20.3
原田 昌紀	早稲田大学	M2～D3	H17.10～H.21.3
洗平昌晃	早稲田大学(H.17.12～H21.3) 東北大学(H21.4～)	客員講師 Visiting Scientist	H17.10～
田村宏之	東北大学	助教	H21.4～

②研究項目

- ・ナノ光電子系の理論とシミュレーション

(6)「根城」グループ(物質材料研究機構)

①研究参加者

氏名	所属	役職	参加時期
根城 均	独立行政法人物質材料研究機構	特別研究員	H17.10～

②研究項目

- ・電子トンネル励起型分子架橋ナノデバイスの研究

(7)「伊藤」グループ(東京工業大学)

①研究参加者

氏名	所属	役職	参加時期
伊藤 治彦	国立大学法人東京工業大学	准教授	H17.10～
山田 俊吾	国立大学法人東京工業大学	産学官連携技術員	H17.10～
佐藤 知広	国立大学法人東京工業大学	D3	H17.10～
浅見 貴志	国立大学法人東京工業大学	M2	H20.4～H22.3
劉 カン	国立大学法人東京工業大学	D1	H21.4～
大井川 誠	国立大学法人東京工業大学	M2	H17.10～H19.3
山本 和広	国立大学法人東京工業大学	D3	H17.10～H18.9
柏木 宏之	国立大学法人東京工業大学	D3	H17.10～H20.3
佐藤 峰斗	国立大学法人東京工業大学	M2	H18.4～H20.3
小林 大介	国立大学法人東京工業大学	M2	H19.4～H21.3
佐藤 琢哉	国立大学法人東京工業大学	M2	H19.4～H21.3

②研究項目

- ・近接場光ファネルを用いたスピン偏極原子誘導とスピנקラスタ形成

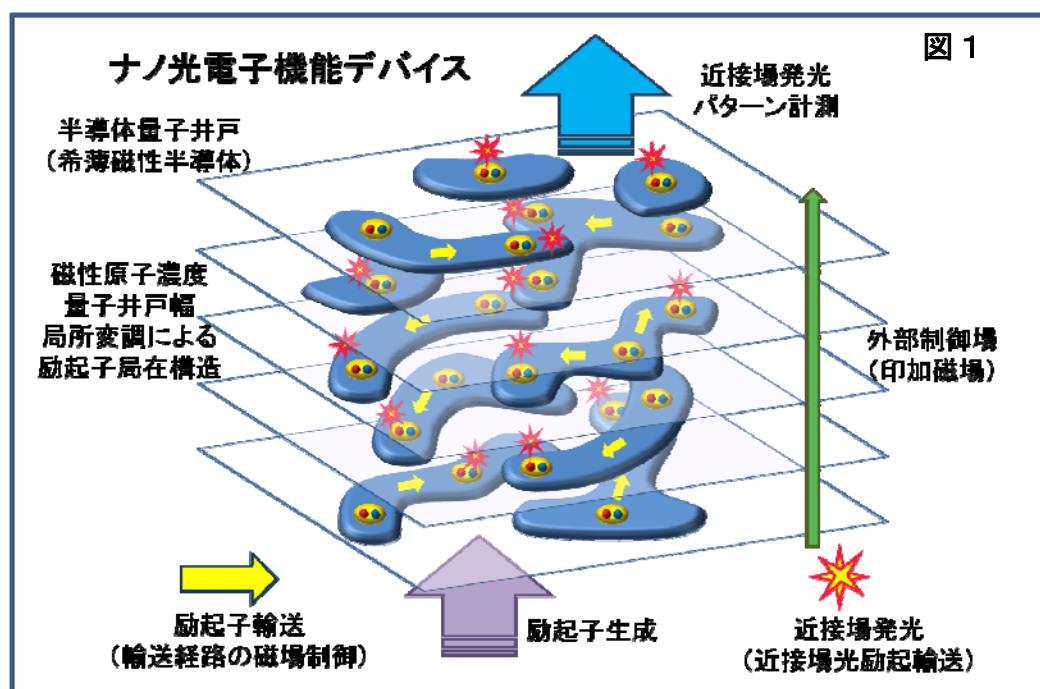
§ 4 研究実施内容及び成果

4. 1 ナノ電子機能の創生と局在光励起輸送の理論展開（山梨大学 堀グループ）

(1)研究実施内容及び成果

山梨大グループは、研究全体の中核として、ナノ領域で真の機能を発現しマクロ機能に接続するナノ光電子機能の基本構造を実現することを目指して、半導体ナノ量子構造デバイスの開発、および近接場光励起輸送機能の計測、機能原理の理論基盤構築に重点を置いた研究を展開した。

実現可能な技術情報および実験結果を、チーム全体の協働で推進する物理と情報理論研究に基づく機能探索に反映させるとともに、機能原理の理論基盤構築とシミュレーション等から得られた知見を、素子開発と機能評価実験にフィードバックすることにより、情報通信の次世代を担うために必須の諸要件を満たすデバイスおよびシステム構築に重点を置いた、半導体ナノ量子構造デバイスの開発、および近接場光励起輸送機能の計測・評価を行った。



山梨大グループでは、「ナノ光電子機能の創生」、「局在光励起輸送の理論展開」の2課題を互いに連携して推進し、デバイスおよびシステム開発と機能評価に取組み、以下にまとめる世界に類を見ない成果を上げ、ナノ光電子機能構造の最重要基盤技術を実現した。特に、情報理論的側面に関して成瀬グループと、デバイス機能の局所環境系に基づく理論構築に関して北原グループと、スピン系実験に関して伊藤グループと強い連携を持って研究を展開した。

以下に研究の段階を追ってその成果をまとめたが、いずれも世界的に類例を見ない、独自の発想に基づく内容である。

ナノ光電子機能の創生

- a) ナノ光電子機能デバイス・システム構築の基盤として、外部磁場でナノメートル領

域の励起輸送経路を制御できるスピンチェーン励起移動制御素子を、磁性-非磁性半導体結合量子井戸構造によって実現し、強磁場下での励起子発光偏極計測により、スピン依存励起移動過程を実証した。

- b) 低温・強磁場環境下で、ナノレベル平坦表面の走査型トンネル電子顕微鏡(STM)計測による表面形状を位置の絶対基準とし、内部に埋め込まれたナノ構造の近接場発光の階層的3次元分光イメージングを数 nm の位置再現性で計測可能な、世界的に類を見ない STM 援用走査型近接場光学顕微分光システムを開発した。
- c) 上記の要素技術に基づき、希薄磁性半導体量子井戸構造を分子線エピタキシーで作製し、近接場光学イメージング分光計測を行い、量子井戸幅と磁性原子濃度分布に起因する数 10nm の構造を持つ励起子発光パターンを外部磁場によって多様に制御することに成功した。
- d) 近接場励起輸送過程研究に関して、ナノレベル平坦表面に埋込んだ金ナノロッド構造のプラズマ共鳴を利用した、近接場計測に対する場の構造安定性を有するナノ構造の2次元光源系を開発し、ナノ情報理論と近接場励起輸送理論から予測した近接場光相互作用の階層性を、実験的に検証することに成功した。
- e) 実験研究と成瀬グループと連携した情報処理機構研究に基づき、階層的ナノ光電子機能システム構築を行い、磁性原子の局所密度のナノ加工等に基づく変調、あるいはその局所揺らぎを利用した個性を持つ積層量子井戸構造が、次世代情報処理機能の観点から重要であることを明らかにした。これに基づき、磁性-非磁性結合半導体量子構造作製の基盤技術を、多層化素子作製へと展開して、結合量子井戸3階層からなるデバイス作製を進めている。
- f) ナノ光電子機能を多様な量子構造において探索し、伊藤グループと協働して、表面近傍スピン偏極原子団に基づく機能計測の研究を展開し、基礎となる実験装置の開発と理論構築を行った。

局在光励起輸送の理論展開

- g) ナノ領域に局在する光とナノ物質の相互作用する系の特徴を抽出する近接場量子光学理論モデルを構築し、あわせて光子と電子励起に加えて、フォノン自由度の働きを理論的に解明した。
- h) 局在光に駆動されるナノ物質間の励起移動の素過程、特にスピン自由度の働きの解明を行い、さらにナノ光電子系の緩和過程と協同現象の探究を行った。
- i) 局所環境系の振る舞いとその階層性に着目した光電子機能理論を探索し、光近接場の第2量子化を発展させた、基礎的諸概念を形成した。

以下に、研究課題として掲げた「ナノ光電子機能の創生」、「局在光励起輸送の理論展開」の2課題に分けて、上記 a)～i)の研究推進過程と成果について報告する。

1) ナノ光電子機能の創生

a) スピンチェーン励起移動制御デバイス開発

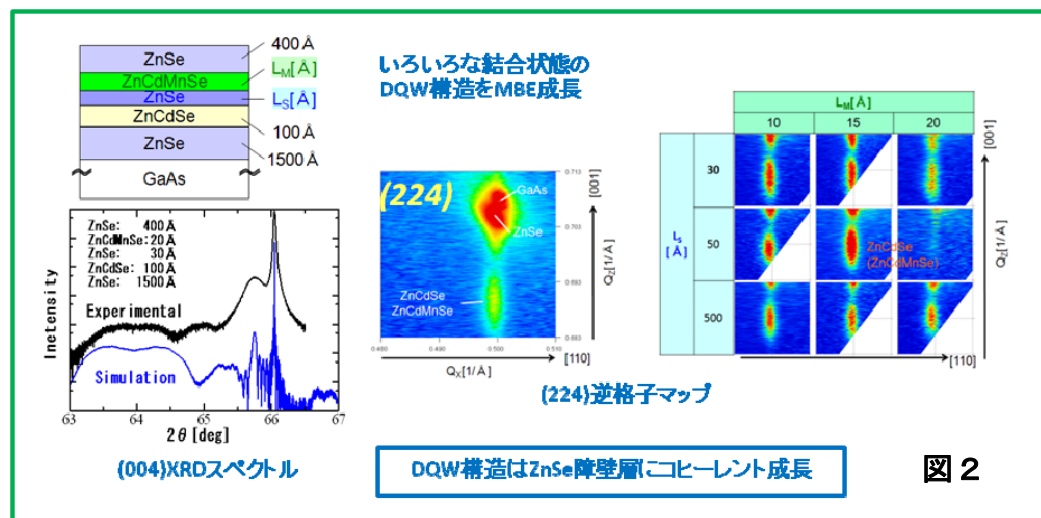
スピンチェーン励起移動制御は、量子井戸に局在する励起子とその近傍に配列する磁性イオンとの相互作用に基づいて、井戸内および井戸間の励起輸送を外部磁場によって変調することを動作原理とする。半導体結晶中に配置した二つの量子井戸の距離を励起子トンネリングが可能な程度に調節したとき、励起子移動の確率は両井戸局在励起子のエネルギーに依存する。本課題では、励起子近傍に配置した磁性イオンとの相互作用の大きさ、言い換えれば、希薄磁性半導体中あるいは近傍の励起子エネルギーを外部磁場で変調することで、局在励起子の井戸間トンネリングの

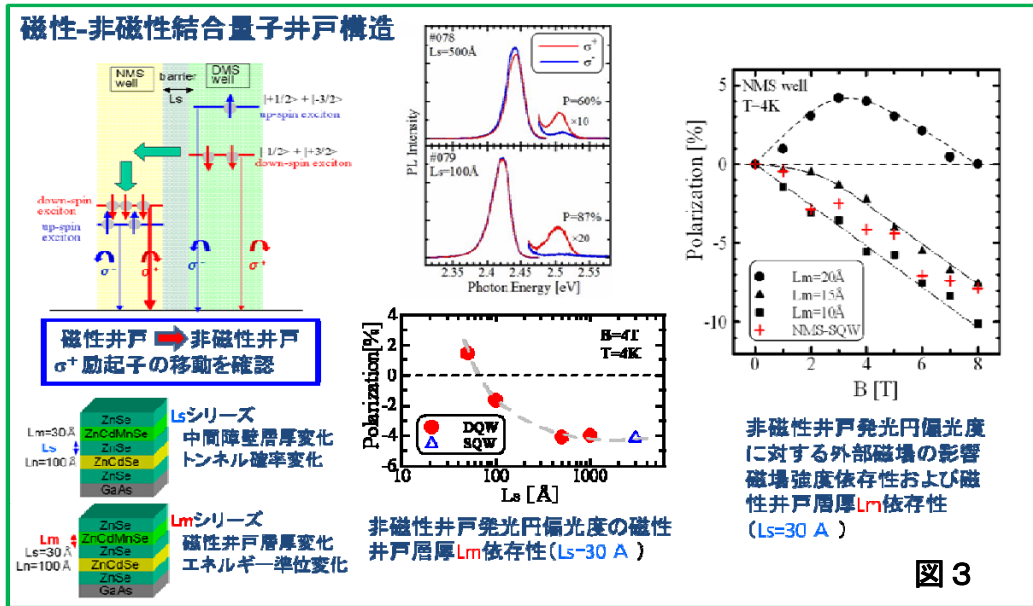
程度を制御する。この励起移動制御を磁性－非磁性結合量子井戸構造を用いて検証した。

具体的には、MBE 法で GaAs(001)基板上に ZnSe、ZnCdSe、ZnSe、ZnCdMnSe、ZnSe を順次成長させた、二重量子井戸構造を用いる。ZnSe が非磁性半導体 (Non-Magnetic Semiconductor, NMS) 障壁層、ZnCdSe と ZnCdMnSe がそれぞれ NMS 井戸層および希薄磁性半導体 (Diluted Magnetic Semiconductor, DMS) 井戸層になる。DMS 井戸層在励起子エネルギーを NMS 井戸層在励起子エネルギーより大きくしておく。中間障壁層が十分厚い場合には両井戸は独立であり、外部磁場印加下で DMS 井戸に注入された励起子は巨大ゼーマン効果によってダウンスピン状態に偏極、NMS 井戸に注入された励起子は反磁性的にアップスピン状態に偏極し、それぞれ σ^+ 円偏光、 σ^- 円偏光を放出して消滅する。井戸間トンネリングが可能なほど、中間障壁層が薄くなると両井戸層在励起子は独立ではなくなり、結合の程度は両者のエネルギーに依存する。

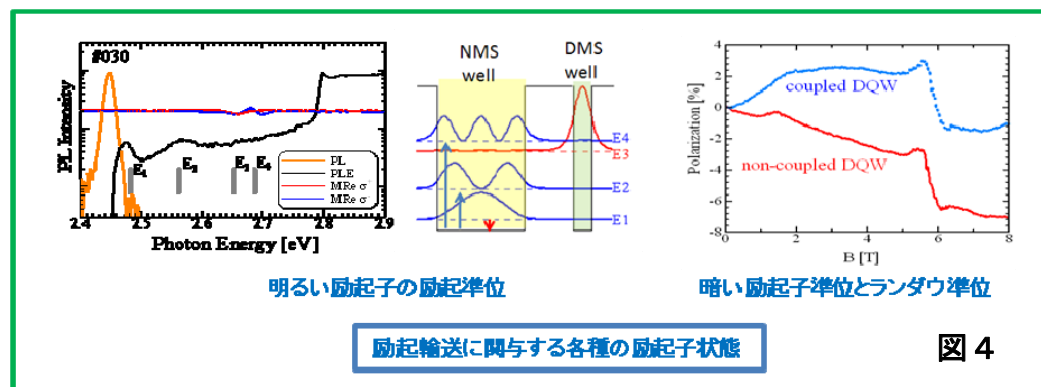
ここで両者のエネルギーは各井戸の組成と井戸幅で決定されるが、外部磁場によって変調を加えることができる。両井戸の励起子エネルギーが共鳴状態になると、DMS 井戸に注入された励起子は、巨大ゼーマン効果によるダウンスピン状態への偏極、NMS 井戸の励起準位へのトンネル移動、基底準位へのエネルギー緩和を経て σ^+ 円偏光の放出を伴って消滅する。一方、NMS 井戸に直接注入された励起子はアップスピン状態が優勢で、 σ^- 円偏光を放出して消滅する。この過程を、中間障壁層の厚みと両井戸層在励起子のエネルギーを調節した一連の試料を準備し、強磁場極低温スピッチェン評価装置を活用して磁気光学的手法で検証した。

GaAs(001)基板上に ZnSe/ZnCdSe/ZnSe/ZnCdMnSe/ZnSe DQW 構造を MBE 法で作製した (図 2)。中間障壁層の厚み L_S と DMS 井戸層の厚み L_M を変化させて両井戸の結合状態を調節した一連の試料について X 線回折 (XRD) 法で評価した。 L_S および L_M に依らず DQW 構造の原子配列は ZnSe 障壁層の原子配列とコヒーレント関係を良好に保持している。また、各層厚は設計値どおりであることを XRD の測定スペクトルとシミュレーションスペクトルで確認した。





井戸層の原子組成と層厚を調節して DMS 井戸局在励起子の基底状態と NMS 井戸局在励起子の励起状態をほぼ共鳴状態にしておき、外部磁場によって共鳴状態に変調を加えた。NMS 井戸局在励起子発光の σ^+ 円偏光度は、DMS 井戸局在励起子エネルギーがゼーマンシフトして NMS 井戸局在励起子の励起準位と共鳴状態になるときに極大を示した(図 3)。このデータは両井戸局在励起子のエネルギーが共鳴すると DMS 井戸から NMS 井戸へ励起子が高効率で輸送されて NMS 井戸発光の円偏光度を変化させるためと解釈される。各量子井戸の基底および励起準位のダウンスピンとアップスピンの二次元的電子状態は、ファラデー配置の外部磁場によって零次元的なランダウ準位にそれぞれ分裂する。本実験で観測した DMS-NMS 結合量子井戸における励起移動は、両井戸の零次元的なランダウ準位間のトンネル移動に支配されていると考えられる。



上に述べた結合量子井戸における励起輸送の機構をより明確にするために、光学遷移が許容の $J_z=\pm 1$ の励起子(明るい励起子)の励起状態と光学遷移が非許容の $J_z=\pm 2$ の励起子(暗い励起子)の関与について調べた(図 4)。NMS 井戸基底準位励起子の消滅による発光の励起スペクトルを測定して励起子の基底準位と励起準位を確認した。同発光の円偏光度の磁場依存性を詳細に測定し、暗い励起子準位およびランダウ準位との交叉によると思われる信号を観測した。詳細は解析中である。

以上の研究によって半導体ナノ構造中の近接するポテンシャル井戸間の励起移動の素過程が明らかになった。このようなポテンシャル井戸を結晶中に三次元的に配

置すれば、励起移動を信号伝送の基本とする新規デバイスへと発展させられる。

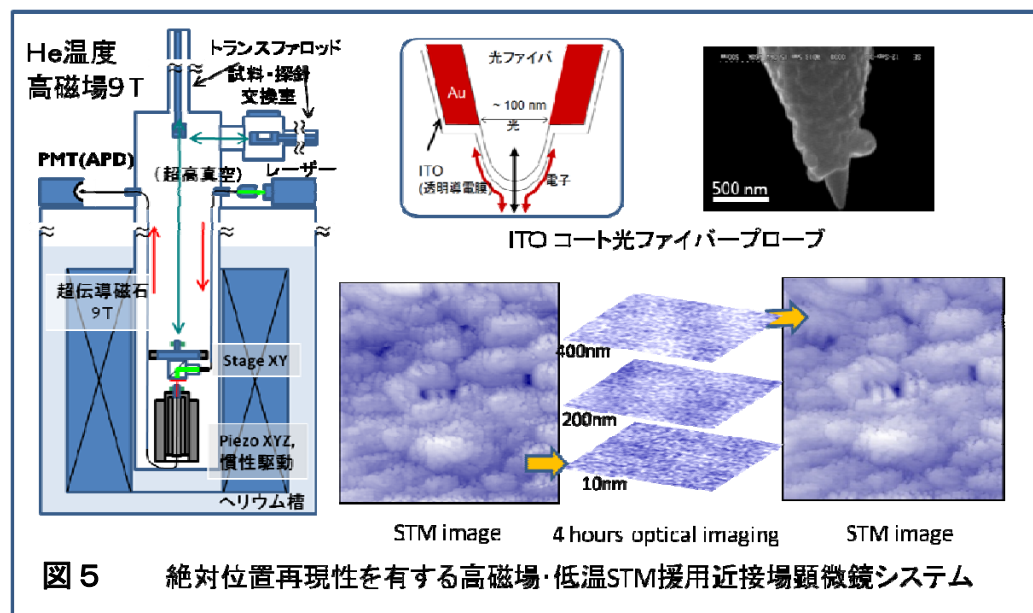
デバイスおよびシステム開発と機能評価においては、外部磁場でナノメートル領域の励起輸送経路を制御できるスピンチェーン励起移動制御素子を、磁性-非磁性半導体結合量子井戸構造によって実現し、強磁場下での励起子発光偏極計測により、スピン依存励起移動過程を実証した。

b) ナノ光電子機能評価のための STM 援用近接場光学顕微鏡システムの開発

低温・強磁場環境下で、ナノレベル平坦表面の走査型トンネル電子顕微鏡 (STM) 計測による表面形状を位置の絶対基準とし、内部に埋め込まれたナノ構造の近接場発光の階層的 3 次元分光イメージングを数 nm の位置再現性で計測する、世界的に類を見ない STM 援用走査型近接場光学顕微分光システムを開発した。

近接場光学イメージを 10 nm 程度の分解能で計測する際に、原子分解能を持つ走査型トンネル電子顕微鏡 (STM) を援用し、1 nm 程度の凹凸を有するトポグラフィー計測を行い、これを絶対位置の基準とすることで、長時間安定に位置の再現性を保証した光近接場のイメージングが可能となる。

本プロジェクトでは、1 nm レベルの平坦表面下に埋め込んだ 2 次元ナノ近接場発光体構造を持つ試料の作製を行い、近接場光相互作用の階層性を直接的に実証し、さらに希薄磁性半導体量子構造のナノ分解能の励起子発光パターンの磁場制御によって、スピンチェーン励起輸送過程を実証することを目的として、液体ヘリウム温度、9 T の強磁場環境で動作する STM 援用近接場光学顕微鏡法を確立した (図 5)。



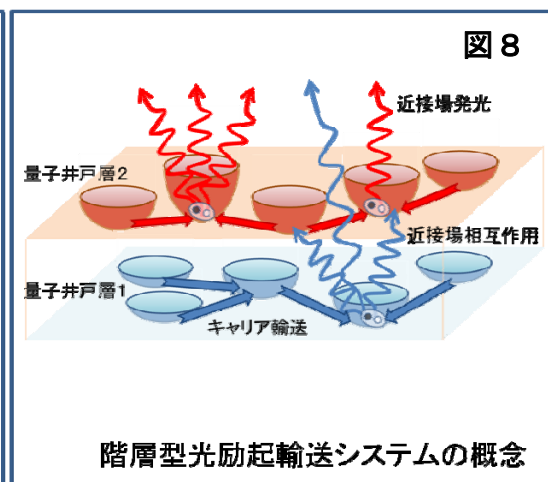
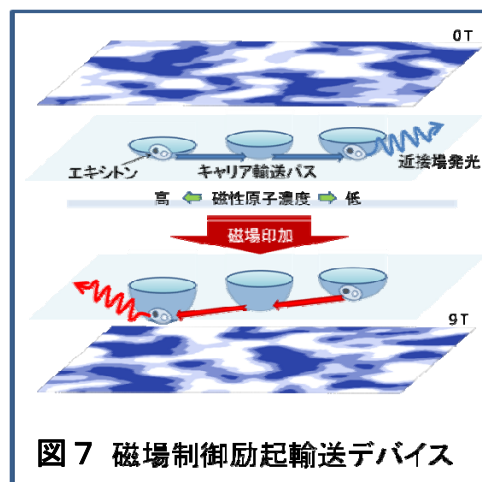
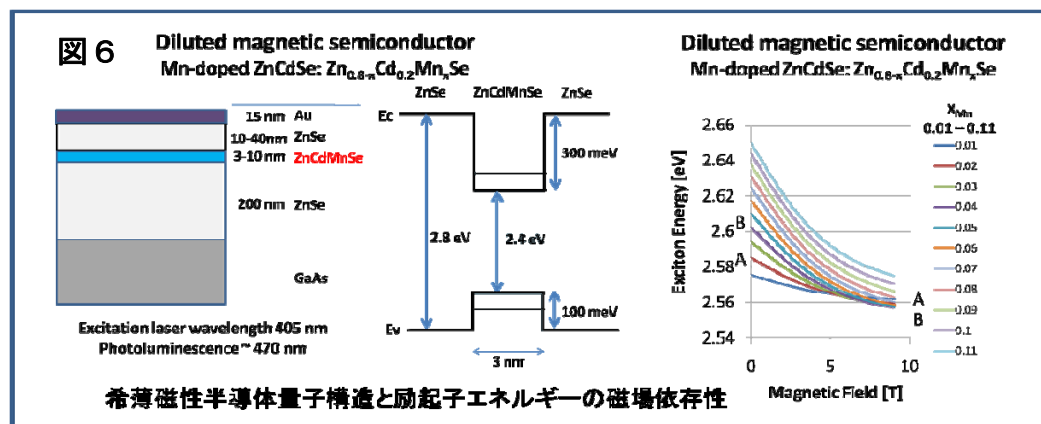
STM イメージと近接場光学イメージをひとつのナノプローブで実現するために、東京大学の太津教授のグループにより開発された化学エッチングで先鋭化された光ファイバプローブに、NTT の村下博士が開発した透明導電膜 (ITO) を被覆した、導電性光ファイバプローブによる走査型顕微鏡法を用いた。当初予定のプローブ供給がなされなくなったため、前述の技術にならってプローブの自主開発を行った。本研究課題で作製した導電性光ファイバプローブは、光ファイバプローブに金の遮光膜を作製し、レジストと集束イオンビームによる先端部の加工と化学エッチングにより数 10 nm の開口部を作り突出した光ファイバプローブを持つ構造とし、これに ITO 被覆を行ったものである。ITO 薄膜作成においては物質・材料研究機構の援助を得たことに深謝する。

強磁場印加時においても、液体ヘリウム温度での STM トポグラフィー計測は極めて安

定であり、典型的には4時間程度の近接場光学イメージングの前後における絶対位置のドリフトは数nm以下である。近接場光学イメージングは、プローブを平坦表面から一定距離離れた状態でのプローブ走査によって得られるが、その前後でのSTMトポグラフィーを比較することで、絶対位置再現性が保証でき、世界に先駆けて複数の近接場光学イメージ間の比較を可能にし、この技術開発は後述する階層性の実証と励起輸送過程の実証につながった。

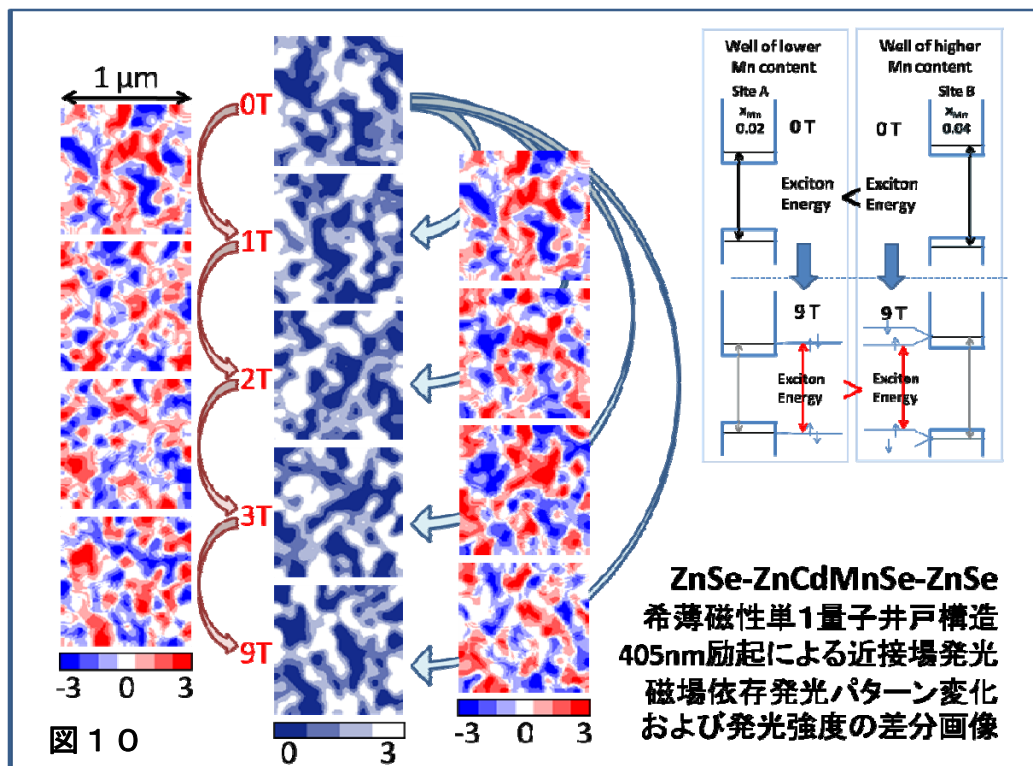
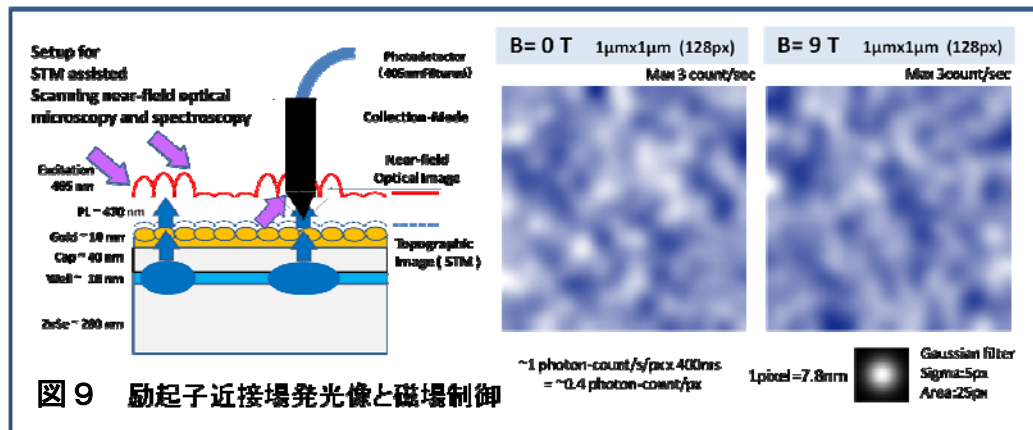
c) 励起輸送経路の磁場制御に基づくナノ近接場発光パターン変調の実証

上述の要素技術に基づき、希薄磁性半導体量子井戸構造を分子線エピタキシーで作製し、近接場光学イメージング分光計測を行い、量子井戸幅と磁性原子濃度分布に起因する数 10 nm の構造を持つ励起子発光パターンを外部磁場によって制御することに成功した。



希薄磁性半導体量子井戸においては、量子井戸幅と磁性原子密度の変調に応じて励起子のエネルギーが変化するため、励起子の井戸内 2 次元輸送が生じ、励起子はポテンシャルの低い経路をたどってポテンシャルローカルミニマムに到達し、そこで発光することとなる。磁場印加によるスピン依存の励起子エネルギー変化を起こすことができるので、このような希薄磁性半導体量子井戸においては、磁場による励起子の輸送経路の変調が可能となることが予測される。この独自の発想によるデバイスを分子線エピタキシーで作製し、STM援用近接場顕微鏡による励起子発光イメージングによって磁場依存の機能評価を行った。希薄磁性半導体量子井戸の典型的な組成と磁場による励起子エネルギー変化の計算値を図 6 に示した。磁場印加

時には、磁性原子濃度に応じた励起子の局所的なエネルギーの変化が、その近傍の井戸との相対エネルギーの反転をもたらし輸送経路が変わることで、励起子の発光位置にも変化が生ずる。磁性原子濃度と量子井戸幅が多様な局所的変化を持つ場合には、より複雑な励起子輸送経路の変化が生じ、印加磁場の変化に対して多様な発光パターンが生じることになる。この様子を概念的に図7に示した。このような変調された希薄磁性半導体量子井戸構造を積層し、層間隔や各層での井戸幅や磁性原子濃度を調整することにより、図8のような近接場光相互作用を介した励起輸送が発生する。



S T M援用近接場光学イメージングにより観測された、0 T，9 Tの印加磁場における同一試料の同一場所での発光イメージを図9に示す。このような測定が可能になるのは、前述のS T Mトポグラフィーを利用した位置再現性を実現したことによる。さらに1～9 Tの間で印加磁場を変化させたときの、同一試料同一場所での励起子発光パターンの変化を図10に示す。この図では、発光強度を4値化し、そ

それぞれの発光パターンの差分(発光強度が増加した部分を赤色で、減少した部分を青色)を併せて表示している。印加磁場が変化するとともに、発光パターンが複雑に変化している。世界的に類を見ないナノメートル領域の発光パターンの外場による制御に成功したことは、積層型量子井戸構造において、ナノスケールを入力パターンを発生し、近接場励起輸送経路の複雑な相関に基づいて出力発光パターンを生成するという、新機能が実現されることを意味する。

図10では、 $1\mu\text{m}$ を128ピクセルとして発光強度をフォトンカウンティングによって計測したのもであり、このような1点ごとの計測においては1イメージの構成に約4時間を要する。しかし、実際の発光強度は1ピクセル毎秒あたり1光子程度に相当し、レーザー光を照射した約直径1mmの領域全体にわたって、同時にこのような励起輸送経路の変化が生じており、これを並列入力に対して複雑な相関機能を介して並列出力がなされる系と考えれば、さらにナノスケールからマクロに励起輸送過程が接続される階層的構造を持たせることによって、多様な機能をもたらすシステムが構築できる可能性を内在する画期的な基本構造であることがわかる。

d) 近接場光相互作用における階層性の直接検証

ナノレベル平坦表面下に埋め込んだ、安定な近接場発光特性を持つナノ構造の2次元配列を用いるという新規発想により、STM援用近接場光学顕微鏡を用いて、近接場光相互作用の階層性を実証することに成功した。

2次元的に配列されたナノ光源が作る光近接場は、独自に開発したアンギュラスペクトル表現による近接場光学理論に基づいて明らかにしたように、面内方向の波長 λ の空間波長に対応する光源間の相関が、光源面からの距離が λ に等しい指数関数的減衰長をもつ光近接場に反映されるという、通常の光波では実現しない独特な性質をもつ。したがって、光源面から λ 程度の距離において得られる近接場光学イメージは、光源面内の空間波長 λ に対応する相関を投影したものであり、これから距離が異なる各階層での近接場光学イメージは、それぞれ異なる空間スケールの光源間の相関を反映した階層独立性を持つ。本研究では、この性質を近接場光学理論に基づいて詳細に検討し、近接場光学イメージが、物理的にはナノ光源とプローブの近接場光相互作用に対応するものであることに基づいて、「近接場光相互作用の階層性」と呼んでいる。

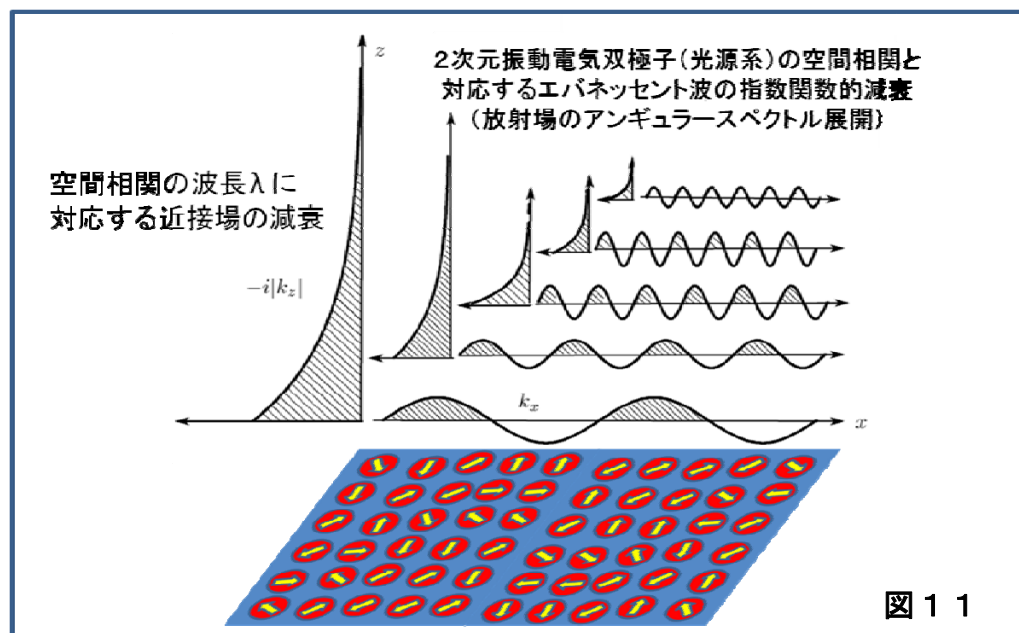


図 1 1

本研究課題においては、成瀬グループとの協働で推進した近接場光学理論に基づく情報理論的機能解析から、この階層性が場の減衰性とベクトル性からもたらされる、ナノ光電子機能におけるもっとも重要な特質であり、新機能デバイスやシステム構築の鍵となるとの認識を得て、その実証に取り組んだ。

走査型プローブ顕微鏡による計測は、プローブと場の相互作用を利用するために、場を乱す破壊測定の要素の強い計測手法である。本研究では、プローブ計測による影響を軽減し、光近接場分布の階層性を正確に再現するために、平坦表面下に、上端をそろえて埋め込んだ金ナノロッドを、そのプラズマ共鳴周波数近傍のレーザー光で励起し、ナノロッドを2次元光源系とする発光の近接場光学像を誘電体プローブで計測することで、測定に対して場の乱れが少ない構成とすることで、階層性の実証に対応した。具体的には、良く知られたアルミニウム基板の陽極酸化によって作製されるポーラスアルミナの円筒状配列のテンプレートに金をメッキする方法で、直径が一様で先端位置が平面的に配列した長さの異なるランダム配列の金ナノロッド構造を作成し、これを加工面においてガラス基板に接着し、アルミニウム基盤を化学エッチングで除去し、約5 nmのアルミナ層を残して表面を平坦化したうえで、さらに表面にS T Mトポグラフィイメー징計測に利用する金薄膜を近接場光を妨げない約10 nm厚さで蒸着したものである。階層性評価に用いた埋め込み金ナノロッド試料は、直径約15 nm、高さ数10~100 nmの円柱状の金ナノロッドが、平均間隔30 nmでランダムに配列した構造である。ガラス基板側から金ナノロッドのプラズマ共鳴に近い532 nmのレーザー光照射で励起し、表面から約15 nmに平面的に並んだ金ナノロッドの上端に発生する振動電気双極子を2次元発光構造とするものである(図12)。この試料を、S T M援用近接場光学顕微鏡でイメージングし、以下のように近接場光相互作用の階層性を実証した。

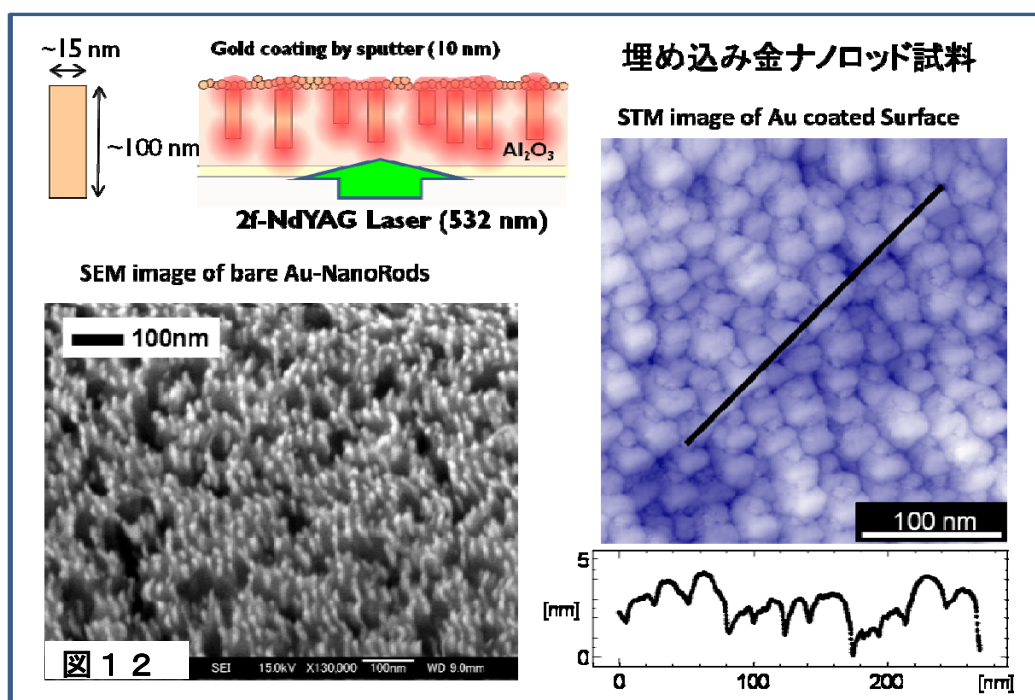


図13に、測定された近接場光学イメージを階層的に並べて示す。イメージは、プローブと試料の距離に応じて、近接場像の特徴である分解能の低下を示している。階層ごとのイメージの独立性を検証するために、光強度を2値化し、数字の1から6で示した下層の明暗パターンに対して、上層の明暗がどう対応するかを図示した

ものである。図からも上層と下層のパターンの独立性が見て取れるが、詳細な情報理論的解析から、階層ごとの光強度パターンの独立性が明らかになり、近接場光相互作用の階層性を実証することに成功した。

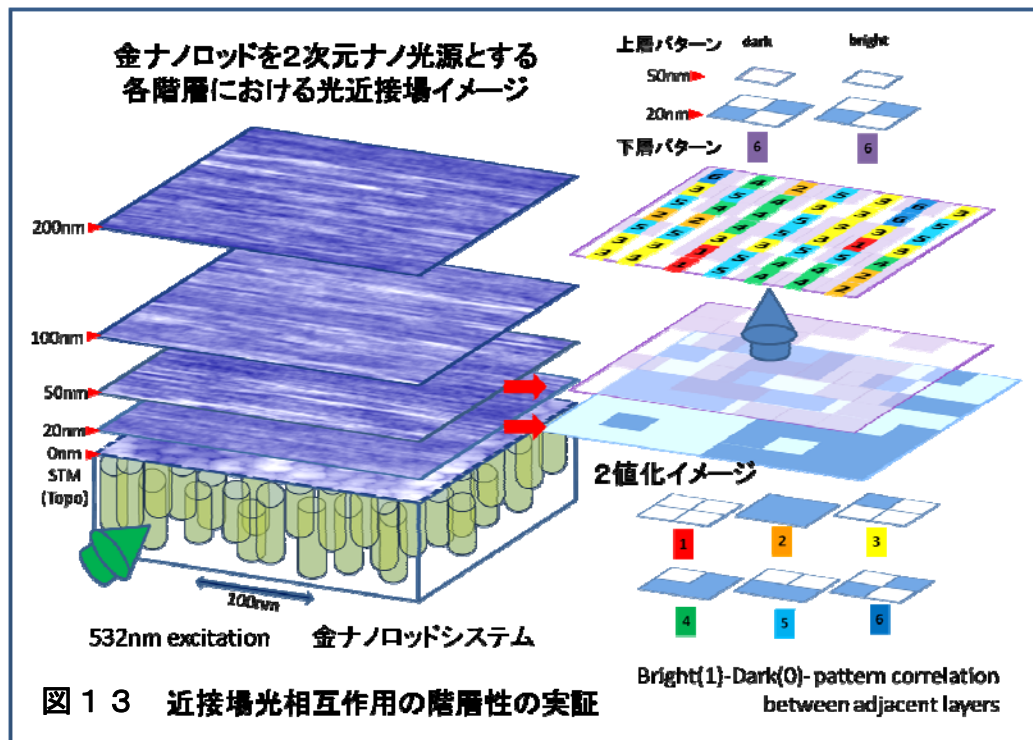


図 1 3 近接場光相互作用の階層性の実証

この結果から、上述した半導体量子構造における励起輸送過程に基づく励起子発光が、さらに階層的に積み上げた多重量子井戸構造間の近接場光励起輸送によって結合される場合に、実証された近接場光相互作用の階層性が極めて複雑なネットワーク系を形成することが予想され、ナノ光電子機能を発現する多様な構造の開発につながるものと期待される。

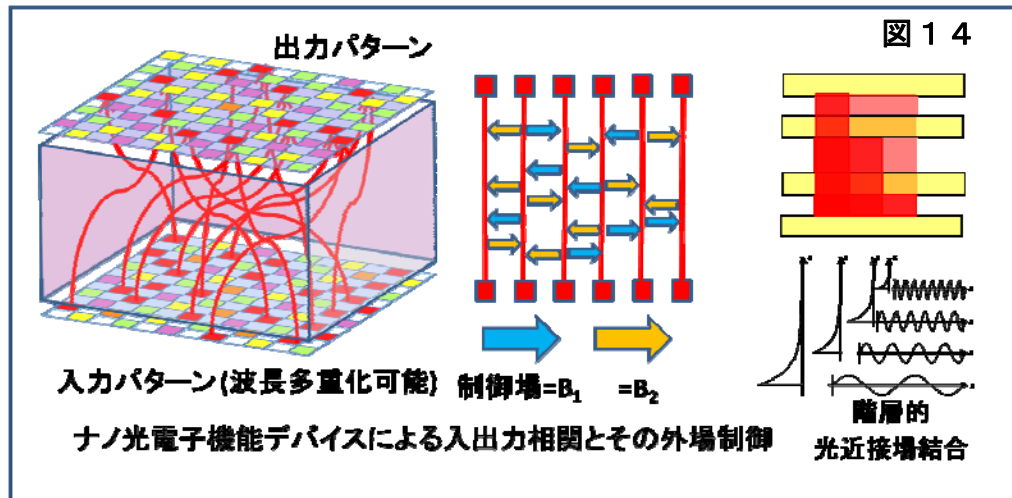
e) 多層量子井戸構造における近接場光励起輸送に基づくシステム構築

実験研究と成瀬グループと連携した情報処理機構研究に基づき、階層的ナノ光電子機能システム構築を行い、磁性原子の局所密度のナノ加工等に基づく変調、あるいはその局所揺らぎを利用した個性を持つ積層量子井戸構造が、次世代情報処理機能の観点から重要であることを明らかにした。上記に基づき、磁性-非磁性結合半導体量子構造作製の基盤技術を、多層化素子作製へと展開して、結合量子井戸3階層からなるデバイス作製を進めている。

積層構造の表面にさらに磁性原子層を作製し、外部磁場の局所変調を取り入れ、積層量子井戸構造の機能の多様性を拡大することができる。表面スピン計測装置の開発に取組み、スピン偏極走査型電子顕微鏡装置の構築を行い、磁性試料等のスピン依存計測技術を整えた。

積層型のナノ光電子機能デバイスの基本構造として、当初計画ではL字型にナノ光リソグラフィーで成形された量子井戸を想定したが、成瀬グループとの協働による情報理論的研究、および大石グループにおける数理的研究により、このような階層構造間の励起輸送は、現状の計算機シミュレーション等のレベルを超える複雑さを有する機能構造であり、従来の集積化デバイスの配線ボトルネックの解消や、従来デバイスとの機能的差異化の観点から、量子井戸や磁性原子濃度の揺らぎ等を利用

用したランダム構造にける新機能探索に有用性があるが明らかになった。これに基づいて、積層量子井戸構造、さらに共鳴的スピン選択励起輸送が実証された磁性—非磁性半導体結合量子井戸構造の積層化等のデバイス開発を続けている。



f) ナノ光電子機能の各種量子系への拡張

上記のような量子井戸間の励起輸送と近接場光励起輸送の共存する系が持つ複雑な相関構造を利用し、これに量子相関係からの入力パターンを結び付け、ナノ光電子機能をさらに多様な量子構造において探索することを目的として、伊藤グループと協働した表面近傍スピン偏極原子団に基づく機能計測の研究、および根城グループと連携した分子架橋系における発光過程の研究を展開し、基礎となる実験装置の開発と理論構築を行った。詳細は伊藤グループおよび根城グループの項で報告する。

山梨グループでは、伊藤グループとの直接的協働により、レーザー冷却と2重磁気光学トラップによる原子捕獲および蓄積、近接場原子ファネルによる原子集束を組み合わせたスピクラスタ形成装置を立ち上げ、さらにエバネッセント波双極子力トラップによる表面近傍原子トラップの開発を進め、原子スピン系と光近接場の結合を基礎とし、これを固体デバイスに接続する可能性の探索を引き続き進めている。

2) 局在光励起輸送の理論展開

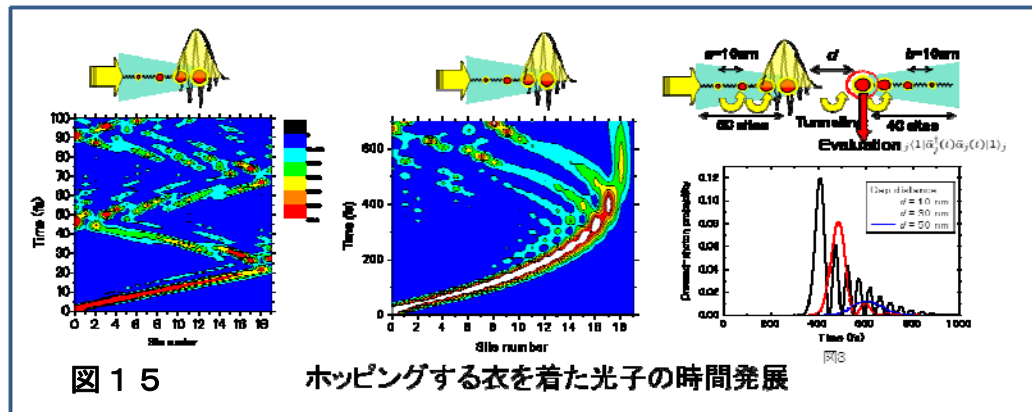
ナノ光量子機能デバイスの基盤研究として、局所光励起輸送の理論的な研究を行った。具体的には、以下の3項目について研究を行い、順調に進展した。

g) ナノ領域に局在する光とナノ物質の相互作用する系の特徴を抽出する近接場量子光学理論モデルの構築、および光子と電子励起に加えて、フォノン自由度の働きの解明

量子論的近接場理論モデルとして、国内外に類を見ない独自の光子モデルを基礎にして、新にフォノンの自由度を取り入れる拡張を行った。このモデルでは、まず光子と電子励起をポラリトン基底に変換し、その後、電子—フォノン相互作用をポラリトン—フォノン相互作用に変換する。これにより、ナノ物質と相互作用する光子をコヒーレントフォノンの衣を着た状態として記述できることがわかった。

有限サイズの擬1次元ナノ系を対象に、フォノンモードの振動数と振幅などを

調べ、不純物サイトに局在するフォノンモードが存在し、その固有振動数が非局在モードよりも高いことを確認した。さらに、光子のホッピング定数と光子-フォノン相互作用定数が同程度の場合にコヒーレントフォノンの衣を着た光子が不純物サイトあるいは系の端点に局在する可能性があることが分かった。また、光子-フォノン相互作用の影響で光子ホッピング定数が各サイドで変動するために、光子は有限の幅（離散サイト間隔の 4 倍程度）を持って局在することが明らかになった。



これを発展させ、2次元(xy-)格子モデルを出発点にとると、x軸上の交差点での相互作用から任意の2次元形状を擬1次元ナノ系に還元できることがわかった。これから予想されるように、この系においても上述と同様の結果が得られた。

有限サイズ擬1次元系における電子励起の衣を着た光場の局在・非局在性とそれに関与するフォノン自由度の役割を解明するために、電子的には孤立した2つのナノ物質が近接した系をホッピングする衣を着た光子の時間発展を求めた。その結果、図15に示すとおり、フォノン-光子結合定数に応じた緩和と局在が現れること、特に、格子間の相関が強いほど光子局在も強くなること、光子の局在（トンネル確率）に対して2つのナノ物質間の距離に最適値があることがわかった。

この研究はナノ領域での光子-フォノン相互作用の新しい側面、例えば光近接場特有の分子解離・脱離現象に応用できる可能性を示唆している。

b) 局在光に駆動されるナノ物質間の励起移動の素過程、特にスピン自由度の働きの解明、および緩和過程と協同現象の探究

スピンの自由度を考慮して量子ドットペア QDA-QDB 間の励起移動を検討し、近接場光に特徴的な励起移動の素過程の解明に着手した。伝搬光との違いを明確にするために、光励起された QDB の双極子禁制レベルが QDA の許容レベルと共鳴あるいは共鳴に近くなるようなサイズを選択した。III-V 族半導体を材料例として、励起移動後の電子のスピン偏極度に関する数値解析を行った。その結果、量子ドットペアが一般的な配置では、同軸配置の場合のスピン選択側は破れるが、入射光の量子ドットに対する角度を調整することにより、電子のスピン偏極度を制御できる可能性があることが分かった。実験的観点からはスピン緩和が鍵となるので、光近接場を介した環境との相互作用によるスピン緩和過程等を検討していく必要がある。

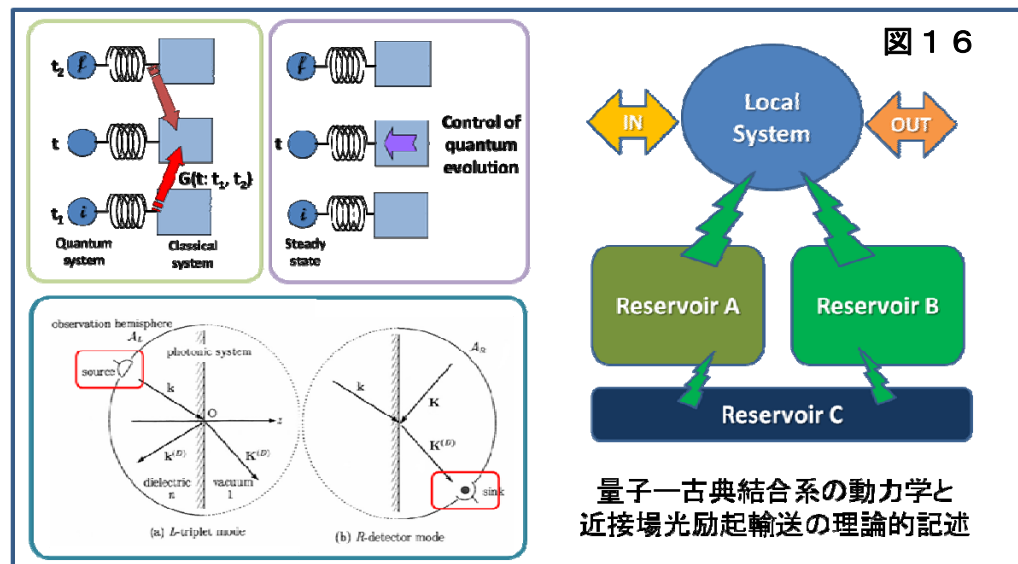
現実の系では環境系との相互作用をはじめとして、ダークエキシトン状態、ゼーマンサブレベル、付加電荷や磁場の影響による様々なスピン緩和機構が考えられる。そこで、光近接場を介した環境との相互作用によるスピン緩和過程に着目し、局在光子のトンネル過程での環境とのスピン相互作用を仮定したモデル化を試みた。その結果、同軸配置では振幅減衰も位相緩和も抑制可能であるが、一般

的な配置では双極子の横成分に関係したスピン選択則による位相緩和項が存在することがわかった。今後は様々なスピン緩和機構との競合を数値的に検討するとともに、実験グループの材料系での検討を進めていきたい。

また、整列したナノ物質（ZnO ナノディスク）からの発光特性を N 個の 2 準位系として解析し、超放射という協同現象発現の閾値近傍にあることがわかった。同時に、ナノ物質の空間的な配置と相関、および緩和過程の競合をナノ領域で詳細に議論できる理論構築が必須であることがわかった。

i) 局所環境系の振る舞いとその階層性に着目した光電子機能理論の構築

ナノ領域での励起移動の素過程におけるフォノン、スピン自由度の働きに関して、g)、h)の研究で得られた結果を統一的に理解する理論枠組みを考察し、ナノ領域における局所環境制御と局所散逸構造によるナノ機能発現の科学基盤を探索するためには、ナノ物質間の励起移動に関する局所環境系とその階層性モデル、その数学的記述法が有効であるという考えに至り、現在その詳細を検討中である。



ナノ領域で固有の機能を持ちつつ、ナノからマクロに接続される機能を構成し、機能の結果を外部に出力する過程を物理的に記述し、機能設計の基盤とするためには、機能発現過程での環境系の役割に注目した量子系と古典系の結合系を、非平衡開放系の理論に基づいて研究することが必須である。本研究では、北原グループと堀グループの故安久正紘博士によって提起された双方向の問題、すなわち、量子系と古典系の連成形において、量子遷移に伴う古典系の振る舞いを経路積分によって説く問題、および量子系を制御するために必要な環境系からの作用に関する問題の両面から、基礎物理的研究を推し進め、これを山梨グループが独自に開発してきた近接場量子光学理論における因果形成あるいは入出力の問題と結合し、ナノ光電子機能の機能原理を構築する基礎研究を、北原グループおよび成瀬グループと連携して推進した。この結果、可能なアプローチの方法がいくつか見出された。主要な方法は、モデルを機能系へのエネルギー入力と出力を 1 体とする系の非平衡系に置かず、入力に関わる散逸構造と出力に関わる散逸構造を独立な部分系に見立てた力学系を設定し、これらの散逸系を系のスケールに応じた周波数帯域の差異と重なり観点から両者を結合する、モデルに基づく理論構築の方法である。成瀬グループとの協働による階層型励起輸送システムの耐タンパー性の問題との強い関連に基づきモデルを考察するとともに、山梨グループの小林による近接場光励起輸送理論、塚田グループによる擬ポーロン伝導理論の観点

を取り入れた理論構築を進めている。入出力の問題は、電子回路理論や、非平衡量子統計力学における系の入出力インピーダンスによる機能表現に強い関連を持ち、ナノ光電子機能の等価回路理論構築に向けて理論基盤構築を進めている。

以上、実験研究と連携した基礎理論研究を加速し、各種次元の量子ドット系とその配列、さらにスピン系の生み出す新機能とその評価も含めた実デバイス研究に結びつけるような、新しい信号輸送過程の研究領域への展開の基礎が開かれた。

(2)研究成果の今後期待される効果

配線型電子機能からナノ光励起輸送に基づく光電子融合系の新機能に転換するための基本材料およびデバイスの開発に成功し、新機能の基盤となる、ナノ発光光源と励起輸送経路の外部制御可能性、および階層的近接場光相互作用の実証と、これを取り扱う光電子融合系の理論構築を推し進めたことにより、実験理論両面でのナノ光電子機能に関わる科学技術基盤が構築された。これに基づいて、半導体量子構造や原子・分子系の多様な構造を用いて、超低消費電力デバイスや、複雑大規模ネットワークを構成する研究開発がスタートし、従来の機能概念を変革するような、さまざまな研究展開と実用研究開発に結び付くものと期待される。本課題では、定常的な入出力と複雑系の機能を追求しているが、近接場光相互作用やデバイスにおける論理回路作製やダイナミクス探究に関わる、我が国の先進的研究と相まって、既に世界を大きくリードしているナノオプティクス、ナノフォトニクスが大きく発展を遂げることが期待される。

本研究の理論面における成果は、新機能システム探索や、実用的量子機能研究の理論基盤として応用範囲が広いものであり、本研究で開発した複雑機能を実現する実デバイスは、現在さらに研究を進めている原子分子系やスピン系も考慮した新規デバイス構造などとともに、さまざまな素過程研究の実験システムとして大いに活用され、量子系の通信情報研究や、非平衡統計力学の研究等、さまざまな分野で活用し得るモデル実験系を提供するのではないかと考えている。

さらに積層型デバイスおよびシステムの開発を進め、局所光シミュレーション技術の開発および本課題のすべての成果を統合した理論および実験を総合的に用いて、さらに詳細な機能探索とその素過程研究を進展させたい。

本研究で得られた最も重要な成果のひとつは、数学、情報理論、基礎物理学から半導体デバイス作製および多様な機能評価実験系の科学技術に関わる異分野研究者が、ナノ光電子機能探索を共通のコンセプトとして協働する体制を築いたことである。今後このグループの研究をさらに推し進め、新領域の開拓に向けた様々な取り組みを展開したい。

4. 2 局所光シミュレーション技術の開発（早稲田大学 大石グループ）

(1)研究実施内容及び成果

局所光シミュレーション構築の基盤である階層構造的デバイス構成と階層構造的計算手法に基づく局所光機能開発のコンセプトを具体化し、精度保証付き数値計算、シンプレクティックFDTD法、逆問題のモデリングと計算アルゴリズム、階層構造の数理モデルの開発を行った。

ナノメートルのスケールの物理現象を記述するには Schrödinger 方程式に基づく量子力学的接近法が必要であるが、10nm 程度のスケールの微細構造を持つ誘電体に対する近接場光を捉えるには、最新のコンピュータを用いても、近接場光のシミュレーション計算は現

実性がない。斯界における近接場光の計算は、古典的な方程式である Maxwell 方程式を差分化して時間発展を追跡する方法である FDTD 法が標準的方法とされ広く利用されている。しかし、この方法による計算結果がどの程度信頼出来るかについては良く分かっていない。現時点ではこれに代わる方法がないため使われているにすぎない。実際、Maxwell 方程式においては誘電率を所与のパラメーターとして必要とするが、このスケールにおける誘電体の誘電率の定義自体に問題があるだけでなく、Maxwell 方程式を数値的にシミュレートするに当たって行われるさまざまな ad hoc な境界条件の設定にも問題がある。また、近接場光リトグラフィーのための計算シミュレーションは、ナノメートルからメートルのスケールを取り扱わねばならず、超巨大規模計算となり、これまた容易ではない。

当グループでは、数理的な検討の結果、近接場計算という多重散乱問題に対して、Maxwell 方程式に対応する Lippmann-Schwinger 方程式に基づいて近接場光シミュレーションの精度を把握することが原理的に可能であることを明らかにした。

このための計算技術の研究においては、既存の浮動小数点演算機構を巧妙に利用して高速高精度なベクトルの内積計算技術を確立した。またこれを用いて、極めて悪条件かつ巨大線形方程式の解法に新たな道を拓いた。この高精度内積計算技術によって、超巨大規模の線形方程式を解く共役傾斜 (CG) 法の適用にも広汎な応用可能性が生じた。

物理現象の数値計算によるシミュレーションは有限桁の数値計算能力しか持たないコンピュータに委ねられてきており、その計算の正しさについては不問に付するのが従来の慣しであった。計算精度の保証のためには、とてつもない計算時間を必要とし、実用に堪えないとこれまで見なされてきたからである。しかし、計算の精度の保証のないシミュレーション計算は、真に科学的な方法とはいえない。上記の高精度内積計算技術は、精度保証付きの計算の実用化に大きな貢献を果たしつつある。実際、巨大線形方程式の近似解の精度保証を、近似解自体を求めるに必要な計算量の数倍程度で実現した。

また理論面の研究においては、近接場光の効率的な数値シミュレーションのための基礎的な知見を得る準備として、一般の微分方程式の差分化による解析の誤差を詳細に解析した。具体的には、Helmholtz 方程式に対応する Lippmann-Schwinger 方程式である特異積分方程式を定式化して、その解の存在と一意性を数値計算機援用証明するためのベッセル関数とハンケル関数の精度保証付き数値計算法を開発した。

一方で、FDTD シミュレーションがシンプレクティック差分法の一例になっているという観点から、より性能の良い拡張された FDTD シミュレータの実装化を行い、性能比較を進めている。具体的には、吸収壁境界条件の研究を中心に Implicit FDTD 法スキームを研究し、ドルーデおよびローレンツモデルの実装を行った。例題では Implicit FDTD 法の計算速度が従来の FDTD 法の約 10 倍程度あがることが確かめられた。

さらに、近接場光に関わる逆問題のための数理モデルの構築を行った。これは上述の順問題としての近接場光の数値シミュレーション技術を補完するもので、蓄積されたデータのみから近接場光デバイスの連関構造を帰納的に推定するモデルであり、Bayes 統計を用いて構築する。これによって所望の機能を持つデバイスの構造を逆算できる可能性がある。この Bayes モデルによる方法は分野横断的に適用可能な方法であり、EEG と MEG データに基づく PCD トモグラフィーおよび音声データに基づく話者認識の応用研究において成功を収めた。

さらには、階層構造そのものについての、より深い数学モデルの研究を行った。構造論的手法を用いる事により、そもそも階層構造とは何かという問題に迫る事に成功した。すなわち、連続体が自己相似性を経由しながら次々と階層構造を構築していく様子を解明している。

具体的には以下の通りである。まず、物理学で常識的に用いられる連続体 A に、ある特徴を持った作用を考える事により、その連続体の中に自己相似性を持った空間を見出す事が出来る。この自己相似性を持った空間は完全不連結性を持つが、粗視化に対応する操作を行う事により、新たな連続体 B にする事が出来る。そしてその新たに得られた連続体 B は、先の連続体 A 上に定められた作用に対応するような作用を与える事が出来る。従って、

この新たに得られた連続体 B の中にも自己相似性が内在している様子を見て取る事が出来て、この操作を繰り返す事が出来る。しかも、ここに現れる連続体や自己相似性を持った空間が、様々な種類のカオティックな振る舞いを保証する空間である事まで解明されている。さらに、自己相似性を持った空間は、量子ドットが持つ構造との間の対応を見て取る事が出来て、次々と現れる連続体は全て、最初の自己相似性を持った空間からのみの粗視化と見なす事も出来る。この構造論的な解明は、近接場光の機能を発現させるための重要な示唆を与えるものと同時に、その議論の一般性から、様々な分野への横断的な応用の可能性が示唆される。

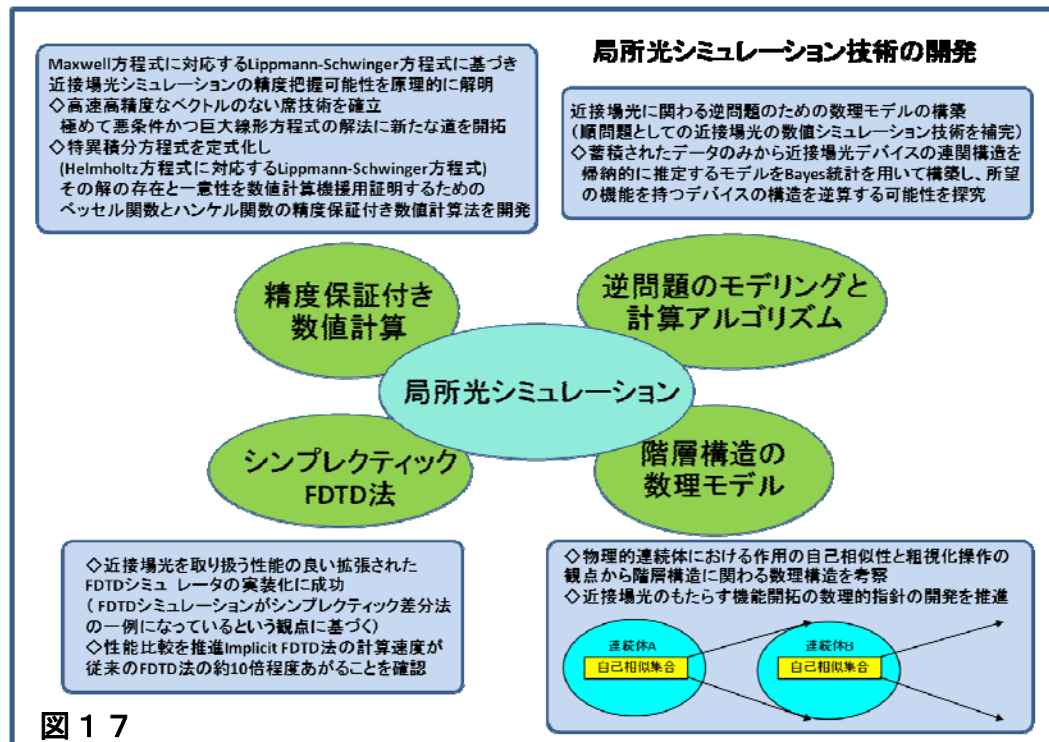


図 17

(2)研究成果の今後期待される効果

近接場計算という多重散乱問題に対して、Maxwell 方程式に対応する Lippmann-Schwinger 方程式に基づいて近接場光シミュレーションの精度を把握することが原理的に可能であることを明らかにし、既存の浮動小数点演算機構を巧妙に利用して高速高精度なベクトルの内積計算技術を確認したが、これにより、極めて悪条件かつ巨大線形方程式の解法に新たな道を拓いた。そしてこの高精度内積計算技術によって、超巨大規模の線形方程式を解く共役傾斜 (CG) 法の適用に広汎な応用可能性が生じた。この高精度内積計算技術は、精度保証付きの計算の実用化に大きな貢献を果たしつつある。

さらに、近接場光に関わる問題の数値シミュレーションのために FDTD 法を拡張し、シンプレクティック FDTD 法の実装を行った事より、設計されたデバイスが当初の設計通りの機能を有するかどうかを実用的な計算時間でシミュレートできる可能性がある。これにより設計されたデバイスが当初の設計通りの機能と性能を有するかどうかを、実際にデバイスを作成しなくても検討を行うことが可能になり、デバイスの設計の効率化が期待される。

そして、近接場光に関わる逆問題のための数値モデルの構築を行った事により、所望の機能を持つデバイスの構造を逆算できる可能性がある。この Bayes モデルに

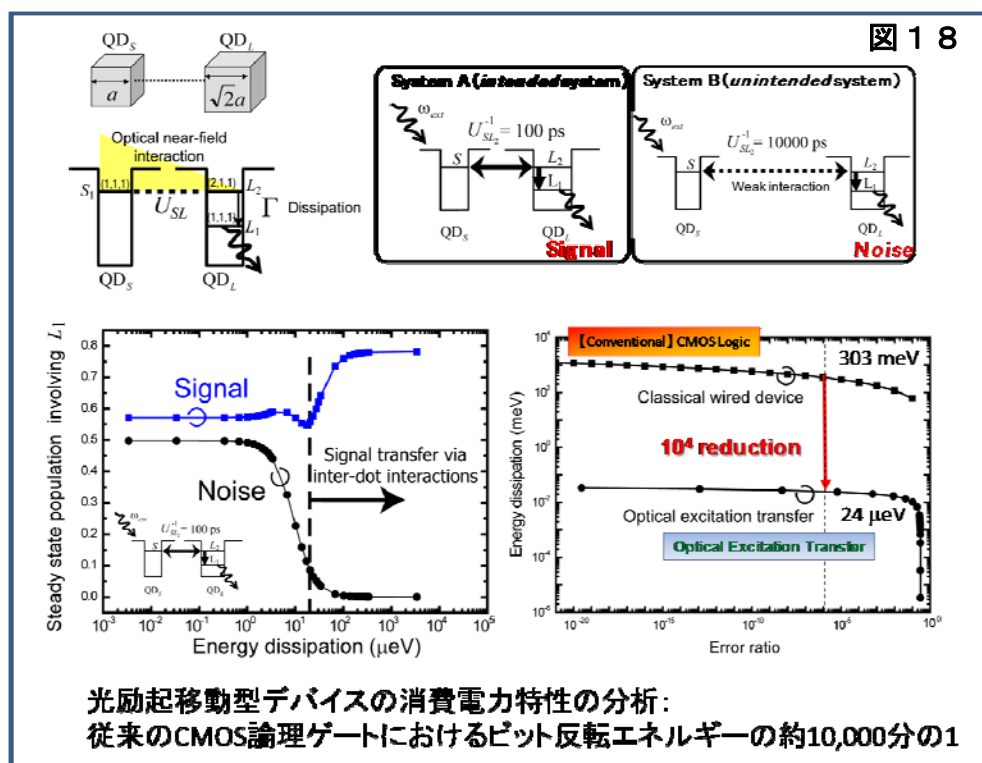
よる方法は、空間スケールの階層ごとに異なる機能を有するナノ構造をデザインする方法を開発できて、分野横断的に適用可能な方法である。

さらには、階層構造そのものについての構造論的な深い知見により、近接場光に新しい機能を発現させるための示唆が得られた。そしてこの知見の汎用性から、本プロジェクトに制限される事のない、新たな分野横断的自然認識が構築される可能性がある。

4. 3 局所光を用いた情報処理システムの基盤技術の研究（情報通信研究機構成瀬グループ）

(1)研究実施内容及び成果

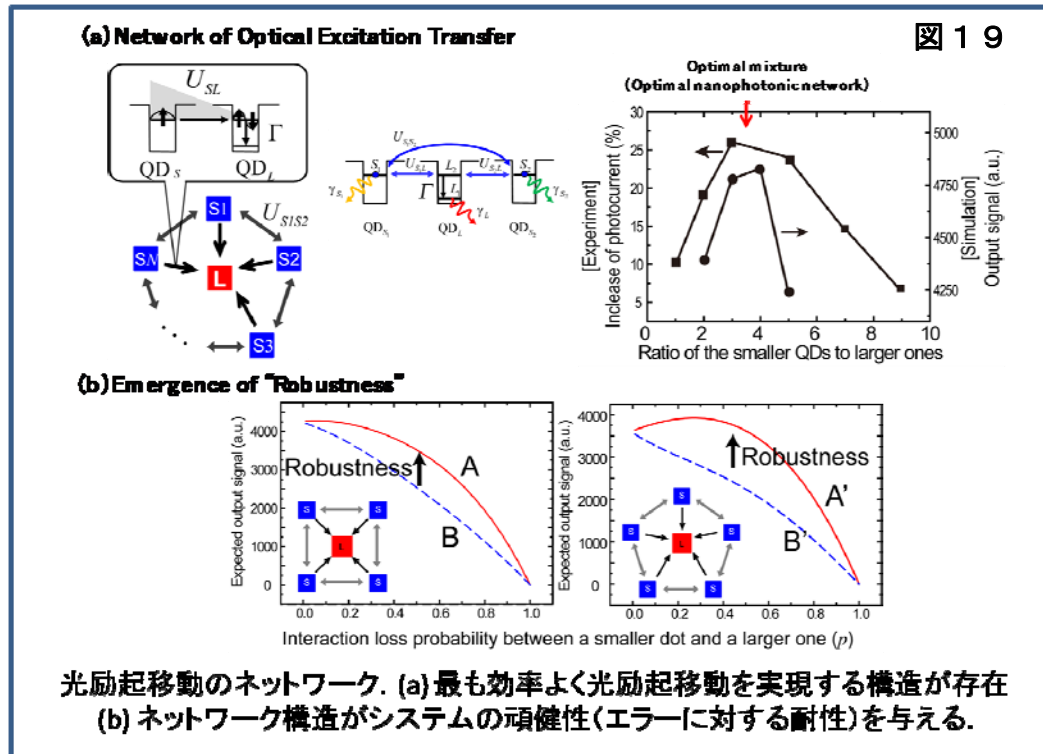
デバイス微小化は情報通信技術における重要課題のひとつだが、システムの立場からは配線ボトルネックや既存技術との差異化等の重要な問題が新たに導かれる。そこで本研究では、局在光励起輸送の特徴的物理に基づきつつ、応用システムに必要な機能や論理構造に注目し、光情報処理システムの基盤技術を開発することを目指した。その結果、1) ナノ領域における光励起輸送に関する情報システムからの基盤構築、2) ナノ領域における近接場光の階層性の分析と階層型光システムの基盤構築、にそれぞれ成功した。



1) ナノ領域における光励起輸送に関する情報システムからの基盤構築

ナノ領域における近接場光相互作用を介した光励起輸送について、エネルギー散逸が生じる空間スケールという独自の概念を導入して理論的に分析し、従来の電子デバイスにおける信号輸送と光励起輸送に基づく信号輸送では、それに必要なエネルギー散逸が前者ではナノデバイス外部のインピーダンス回路、後者ではナノ領域での励起子とフォノン結合に基づくことを明示し、これが信号処理デバイスの耐タンパー性と

結びついていることを明らかにした．さらに，光励起輸送に必要なエネルギー散逸の下限が光励起輸送を基礎にした信号輸送の信号ノイズ比を基礎にして接近し，電子デバイスにおけるスイッチングエネルギーの理論限界のおよそ1万分の1とできることを示した(図18)．また，光近接場を介した光励起移動を実現するシステムを，要素となるナノ微粒子(量子ドットなど)間の近接場光相互作用のネットワーク構造ととらえ，最も効率よく光励起移動を実現する相互作用構造を示すとともに，適当な相互作用の組み込みによってシステムのロバストネス(頑健性)が創発することを示した(図19)．



るとともに、階層的な光学応答を与えるシステム設計理論を構築した。特に、物質系の空間構造の粗密に対応して近接場光の浸み出し長が異なるという原理的特徴を利用して、密な階層の光学応答と疎な階層の光学応答を全体として任意に設定可能とできることを示した。さらに情報理論を用いて階層型光システムの情報容量やシステムに加わる擾乱に対する耐性を評価分析した（図20）。

以上の成果は、情報から見た局在光システムの基本構造を基礎づけるものであり、本研究の当初の目標を十分に達成するとともに、原著論文12誌が既に示されるなど当初の目標を上回る成果発信をすることができた。

(2)研究成果の今後期待される効果

本研究が開拓した、ナノ寸法における光物質相互作用を用いた情報システムに関する基本構造に関する成果は、今後、ナノ領域における光物質相互作用の素過程解明及び材料技術・評価分析技術の向上と一体となって、ナノ光情報システムの具体的な応用システム展開などに展開することが強く期待される。実際、本研究の成果の一部は、既に耐タンパー性に効果の高い情報セキュリティ応用などに展開しており、さらなる発展が期待される。

4.4 局所光励起輸送の電磁界および統計力学理論の展開(国際基督教大学 北原グループ)

(1)研究実施内容及び成果

ナノ光電子機能探索のための、励起輸送の素過程となる古典量子結合系の理論、局所平衡に基づく線形応答理論、局所環境という束縛条件を受けている自由度による階層性の取り扱いの具体例の研究を推し進め、経路積分の半古典近似を用いた運動方程式の導出、経路積分の方法でのナノにおいて有効となる熱揺らぎの効果に関する「揺らぎの定理」の定式化、全体として束縛条件を受けている自由度による運動の研究を、ナノ光電子機能の階層性と結び付けて推進した。

1) ナノ空間励起輸送・散逸過程の解析と局所光・電子系のサイエンス構築

理論研究では、ナノ光電子機能をより具体化し、多数の半導体量子構造間の励起輸送と相関制御機構の開拓、局所光電子機能システム設計理論、ナノ光電子機能に関わる散逸と階層的接続による情報伝達等について、広い視野に立つ融合科学の基礎概念構築を目指す研究を進展させた。

2) ナノスケールにおけるトンネルと散逸

ナノスケールの系における量子現象（トンネル、離散状態間の遷移など）と環境系との相互作用を扱う場合に、系と環境系の総体を量子力学系としてその時間発展を経路積分で表現し、環境系については、半古典近似を用いると、量子系の遷移に伴う環境系の半古典論の運動方程式が得られる。これを、まず量子的粒子（軽い）と古典的粒子（重い）からなる単純な二粒子系に適用して、古典的粒子に対する半古典的運動方程式を得た。このとき、古典的粒子にかかる力は、粒子の過去と未来の速度に依存し、また、あらかじめ指定した始状態と終状態においてエネルギー保存則が成り立つが、途中では不確定性原理によって保存しない。この方法論を、電磁相互作用によって内部自由度が遷移する場合について適用した。電磁波を古典論で扱い、双極子相互作用を量子的に扱い、粒子の並進運動を半古典論で扱い、運動方程式を導出した。

量子的遷移を伴う分子系の運動の現実的な系として、有機ポリシラン系での光励起によってキラル相転移現象を実験、理論の両面からの検討を試みた（実験は Koe 準教授）が、実験との理論の結果は対照するにはまだ隔たりがあった。

さらに、ナノにおいて有効となる熱揺らぎの効果に関する「揺らぎの定理」を、経路積分の方法で定式化した。反応の速度論方程式から構築される確率過程の模型について、揺らぎの経路（時間発展）の実現確率の表式を経路積分で表現し、その経路の逆過程の実現確率との比をとると、エントロピー生成速度の時間積分の指数関数として表されることを示した。つまり、揺らぎの順過程と逆過程の実現確率と熱力学とが結びつくことを示した。非平衡状態に熱力学を拡張するためには局所平衡仮説を導入することが必要とされるが、むしろ揺らぎに関するダイナミクスから、順方向と逆方向の揺らぎの実現確率から新たな「エントロピー」を定義して、非平衡過程でも適応できる熱力学を構築する可能性がでてきた。

3) 欠陥の影響

自由空間に並進対称性を破る「欠陥」が存在するときの量子現象と散逸を扱うために、拘束条件付き力学系の理論展開、欠陥による空間の歪みを考慮した量子力学の定式化、歪みを動的な摂動を考えて散逸現象ととらえる方法などがある。その具体例として、DNA 分子において電子が運動する際の「スピン・軌道相互作用」が、空間のらせん的な構造から受ける影響という問題に着目し、らせんの運動による軌道角運動量の変動によるスピン緩和を古典的模型で求めた。スピン・軌道相互作用の導出には、スピン粒子とともに動く系における磁場効果を固定系での電場と置き換えることによってスピン軌道相互作用を弱相対論近似で求めた。中心場の場合と異なり、スピンと角運動量の積とは別の項も生じる。本来は、らせんの空間におけるディラック方程式まで遡って、Foldy-Wouthuysen 変換に基づく非相対論近似でスピン軌道相互作用を導出する必要があるが、まだ成功していない。

また、一次元ポリアセチレン鎖における電子移動によってポリアセチレン鎖上の欠陥としてのミュオンのスピン緩和について、電子スピンを量子的に扱い、環境系を揺らぎとして扱った。さらに電子移動を古典的拡散と量子的拡散の二つの可能性について検討した。このモデルは、実は、小林によるフォトン・励起子系のモデルと形式的には同じであり、階層的空間に拡張すると、堀らの実験系の理論に拡張できるものである。

(2)研究成果の今後期待される効果

ナノ領域における機能発現過程を、環境系の役割に注目し、非平衡開放系の理論に基づいて研究した。本研究の結果は、堀グループの実験系の理論に拡張できるものであり、ナノ光電子機能の基礎理論として発展することが期待される。

4. 5 ナノ光電子系の理論とシミュレーション(早稲田大学・東北大学 塚田グループ)

(1)研究実施内容及び成果

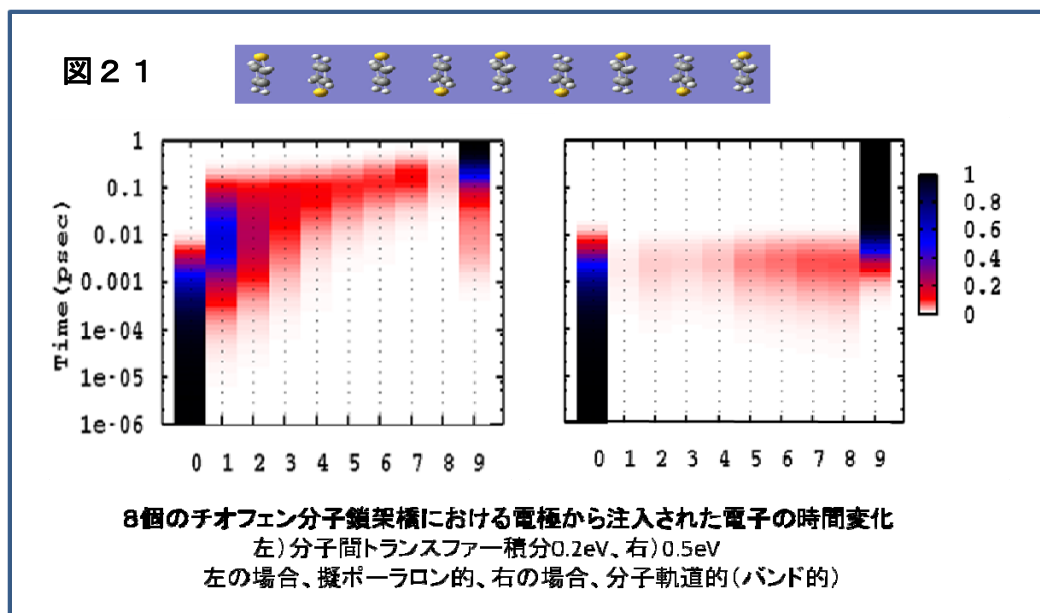
本グループでは、分子架橋、分子薄膜層を対象にして、分子内および分子・電極間のトンネル過程、電子や励起子のコヒーレント型および散逸型輸送過程の競合・共存、発光過程などを研究し、有機分子を含むナノ構造系の性質と機能を探った。同時に分子架橋デバイスの理論シミュレーション法の原理を開発した。電界効果による効率の良い伝導・発光を実現する分子架橋系の探索も行った。特に、ナノ接合系の電子伝導の基礎的なメカニズム、電極から注入された電子の分子内の動的挙動、FN プロットにおける屈折点分光法など非線形 I-V 特性の解明、電子または励起子

と分子振動または輻射場との強い結合による擬ポーラロン効果、エキシトンポラリトン効果などを含め分子内の種々の伝導モードの解析、電極・分子間の電子遷移の基本的なメカニズムなど分子架橋伝導の基本的性質の解明を行った。電極・分子間の電子遷移に伴うデコヒーレント過程とコヒーレントなトンネル遷移への影響、コヒーレント伝導から散逸的・単電子的伝導への移り変わり、ポーラロン障壁やゼロバイアス異常、探針によるタンパク質分子の蛍光の力学的制御、有機分子における励起子の生成・拡散・解離についても理論的に検討した。以下に、具体的な項目について記述する。

1) 分子振動との結合による擬ポーラロン伝導

チオフェン分子列架橋系などを例にとり、分子振動（または電磁場環境）と電子（または正孔、励起子）の相互作用による（擬）ポーラロン形成に伴うコヒーレント伝導あるいはバンド伝導からホッピング・散逸的な伝導機構への移行を解析した。例えば、有機分子薄膜・分子架橋におけるポーラロン型伝導とバンド型（分子軌道型）伝導の競合・共存を研究し、分子内電子移動における分子振動の影響を明らかにした。また分子架橋発光系の理論的設計の指針を得た。

はじめに、非ポーラロン状態（分子軌道状態）とポーラロン状態の混成状態として、電場が印加されている系の固有状態を求め、次に各固有状態間の振動励起を伴う遷移確率を黄金則によって算出し、マスター方程式を数値的に解いて、空間的、エネルギー的な電子（正孔、励起子）の輸送パスを解析した。結果としてコヒーレントな輸送と散逸的な輸送とが共存する様相および両者の移り変わりが解明された。電極—架橋分子—電極モデルのパラメータを密度汎関数法による第一原理計算から導き、非ポーラロン状態（分子軌道状態）とポーラロン状態の混成状態として、電場が印加されている系の固有状態を変分法によって求めた。トランスファー積分が小さいときには、エネルギーの低い固有状態は（擬）ポーラロン型となり、トランスファー積分が大きいときには分子軌道型（バンド型）の状態になることを見いだした。



次に、各固有状態間の振動励起を伴う遷移確率を黄金則によって算出し、これをもとに各状態の占有確率に関するマスター方程式を数値的に解いて、電極から注入されたキャリアの時間発展を解析した。その結果、空間的、エネルギー的な電子（正

孔)の輸送パスには、コヒーレントな輸送と散逸的な輸送とが共存することが解明された。トランスファー積分が比較的小さいときには、主要なキャリア輸送の機構は(擬)ポーラロンのであるが、各状態は分子軌道成分による裾を持っていて、これによってキャリアの移動速度が支配されることが明らかになった(図2 1)。すなわち、これらの有機分子の伝導では、ホッピング的ではあるが数原子領域に涉ってコヒーレント伝導の寄与がある。代表的なポリアセンの極薄膜模型について、電流電圧曲線の非線形な特性を、このモデルから解析した。

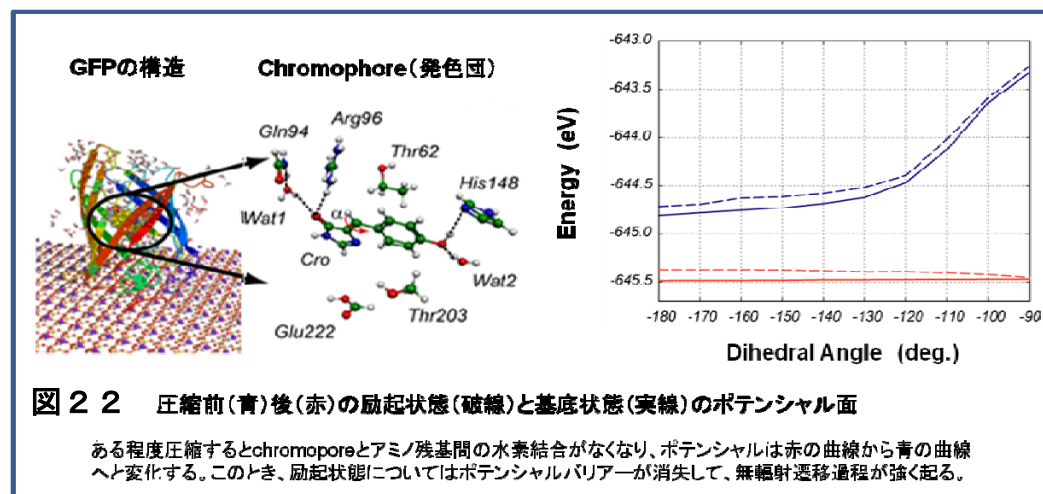
有機分子デバイス用の現実的な系の探索として、各種ポリアセン誘導体の結晶構造とエネルギーバンドを理論的に計算し、安定で HOMO(LUMO)バンド幅が広く移動度の大きくなりうる誘導体の種類について、理論的な提言を行った。

2) 単分子架橋発光系

分子架橋発光系の理論設計では、発光中心に Zn ポルフィリンを用い、これに中心 C 原子を B または N で置換したフェナレニル誘導体分子鎖を、電子注入鎖または正孔注入鎖として用いる系を考案した。この系について現象論的な分子軌道計算を行い、キャリアの発光中心への誘導に適していることを見いだした。

3) 単分子発光の制御

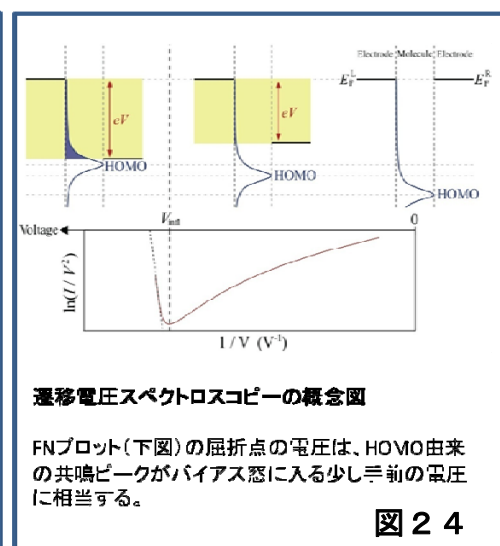
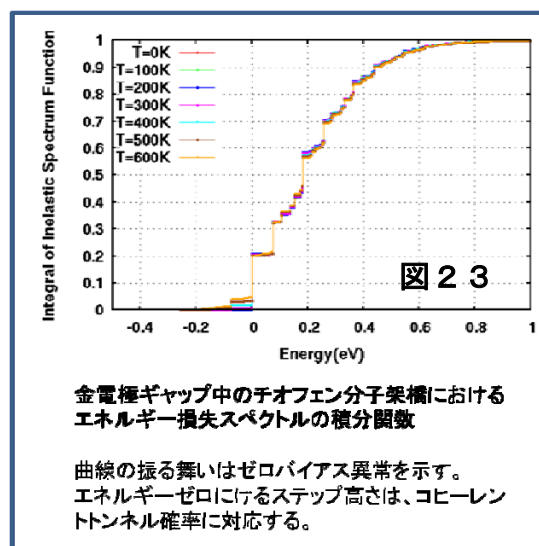
探針を用いた緑色蛍光タンパク質 GFP の圧縮と蛍光の消失についての研究を行った。GFP は光照射により強い緑色の蛍光を発するタンパク質であり、タンパク分子の標識として用いられる。GFP の分子構造には、中央部に β シートから出来た樽型構造があり、内部に発色団が収納されている(図2 2)。GFP 分子を AFM 探針によって圧縮すると蛍光が消失することが、猪飼らの研究により明らかにされている。本研究では量子化学的な計算と分子力学的な計算を併用するシミュレーションを実行し、探針による圧縮応力の印可がどのように GFP 分子の特徴的な β バレル構造を変形させるか。それによる蛍光の消失機構はどのようなものか。などについて理論的な解明を行った。



探針による圧縮の度合いが小さい場合、GFP は β バレル構造を保持しているが、圧縮とともに破壊される。圧縮がある程度進むと、水素結合距離が急に伸びて水素結合が切れる。この状況で発色団内部の回転角に対する基底状態および光励起状態の断熱ポテンシャル面を比較すると、発色団分子の軸周りの回転障壁がなくなり、励起状態から活性障壁なしに基底状態に戻ることが可能となる。このような機構で無輻射遷移の確率が増加し、蛍光が消失するものと思われる。この理論解析の結果は、

猪飼等による実験事実を良く説明することができた。

4) 電極・分子間遷移におけるデコヒーレンス：分子架橋系の基本的な機能は、電極、分子、対向電極へと粒子（電子・正孔、励起子など）の流れを生じさせ、これを局所場によって制御することによって得られる。そこで電極から分子への電子・正孔注入過程の解明と制御、分子内キャリア移動と電磁場環境の相互作用について理論的に研究した。電極から分子へと電子移動に伴い環境系を擾乱するため生じるエネルギー損失は、「エネルギー損失スペクトル関数」によって記述できる。これは、実験的には分子架橋系の電流－電圧曲線の電圧に関する2階微分関数に相当する。我々は、架橋を流れる粒子が分子振動や電磁場環境と相互作用する一般的モデルに対して、この「エネルギー損失スペクトル関数」の解析式を求め、コヒーレント伝導状態と散逸的伝導状態の競合をはじめ、様々な架橋系の性質を明らかにした。例えば、バイアス電圧がゼロの付近で架橋系のコンダクタンスが異常に減少する「ゼロバイアス異常」を予言した（図23）。またコヒーレント遷移と非コヒーレント遷移の分岐率を見積もることが可能となった。



5) 分子架橋系の非線形伝導の理論

分子架橋系の電流－電圧特性曲線を、ファウラー・ノルトハイムプロット(FNプロット)すると、ある電圧値に対して鋭い極小点（屈折点）が生じ、この電圧は分子に特有であることが実験的に見出された。この現象を利用した遷移電圧スペクトロスコピー(TVS)法が注目されている。我々はこの著しい性質の理論的な研究を行い、TVSを可能とする原理を解明した。すなわち、第一原理密度汎関数法と非平衡グリーン関数法を組み合わせ、金電極を架橋するフェニルチオールやアルカンチオールなどのコンダクタンスを実際に計算すると、確かにFNプロットに屈折点が生じることを見出した。しかし、そのメカニズムは通説に言われるような直接トンネル領域から電界放射領域への移行変わりによるものではなく、共鳴トンネルの裾がバイアス窓に近づくときにコンダクタンスが急激に大きくなることを反映するためである。また、屈折点の電圧から分子の共鳴準位(LUMO または HOMO)が、電極のフェルミ準位からどれだけずれた位置にあるかを決定できることを解明した（図24）。

6) 分子接合系の光電変換の理論

分子接合系や分子集合体の光電変換過程について理論的な研究を進め、分子間励起子移動および電荷分離を解析するため、第一原理計算と量子動力学法による検討を行った。有機導体中では強い電子格子相互作用が、励起子や電子・正孔の動力学

を左右することが知られている。例えば、有機導体のキャリア（電子・正孔）は、多くの場合、格子変位の衣をまとったポーラロンとして伝導する。また、励起子の欠陥へのトラッピング過程や解離過程を理解するには、量子コヒーレンスと散逸過程を同時に考慮する理論を用いなければならない。我々は、電子格子相互作用を考慮した量子動力学法を考案し、これを用いて分子集合体中の励起子の動力学を理論的に追跡した。ポルフィリン分子の会合体について励起子移動過程、トラッピング過程、及び非局在励起子のダークエキシトンへの緩和過程について検討し、種々の結果を得つつある。さらに、励起子移動における分子振動・励起子間カップリング強度を第一原理的に求める手法を考案し、量子ドットや色素分子に適用し、双極子近似である Förster 理論が破綻する条件で第一原理計算が有効であることを示した。

(2)研究成果の今後期待される効果

有機分子架橋系の電気伝導について本質的な機構について理解が得られたので、今後はより現実的な系について、望みの機能を実現させるような分子デバイス設計理論へと展開していきたい。分子接合系の電子伝導における量子コヒーレント状態から散逸的・拡散的状態への移行に関する成果をさらに発展させて、分子の近藤共鳴など、分子系で最近見出されている著しい量子コヒーレント効果やその制御法の解明へと展開したい。キャリアと近接（輻射）場とが連成した状態の解析は、十分には進められなかったもので、今回得られた成果をもとにさらに研究を続ける。

本研究によって、ナノ物質系のサイエンスとその量子デバイス機能に関する基礎的な知見が明らかになったといえることができる

4. 6 電子トンネル励起型分子架橋ナノデバイス、ナノ領域での励起注入過程の実験研究 (独立行政法人物質・材料研究機構 根城グループ)

(1)研究実施内容及び成果

ナノ光電子デバイスの動作に不可欠な、トンネル電子注入励起の基礎技術を開拓するために、これまでに開発してきたトンネル接合内の分子のトンネル電子注入発光の実験を発展させ、電磁エネルギー散逸と励起伝送機構の直接観測を行う。具体的には、基板上に担持した発光分子と2次元ホールアレイから成るトンネル二重接合を形成し、2次元分光の手法によって、分子発光計測を通じて局所環境に依存する散逸過程を検出する実験研究を展開する。この原理を分子架橋構造にも適用しデバイス化を目指すとともに、理論グループと連携して局所光が生み出す量子機能を探究する。

2次元ホールアレイによる分子発光計測

図25に示すように、有機蛍光分子(ポルフィリン)をカーボンナノチューブ上に吸着させることにより、ナノメートルスケールでの複雑な局所環境を準備した。波長 405 nm のレーザー光により2次元ホールアレイ上側から分子を励起し、その蛍光を再びホールアレイを通して検出し、多数のファイバーバンドルに結合した光をスペクトル分解した。図25の SEM 像に示すように、ホールアレイの一つの金ナノホールの直径は 150 nm でそれが 500 nm のピッチで2次元配列している。

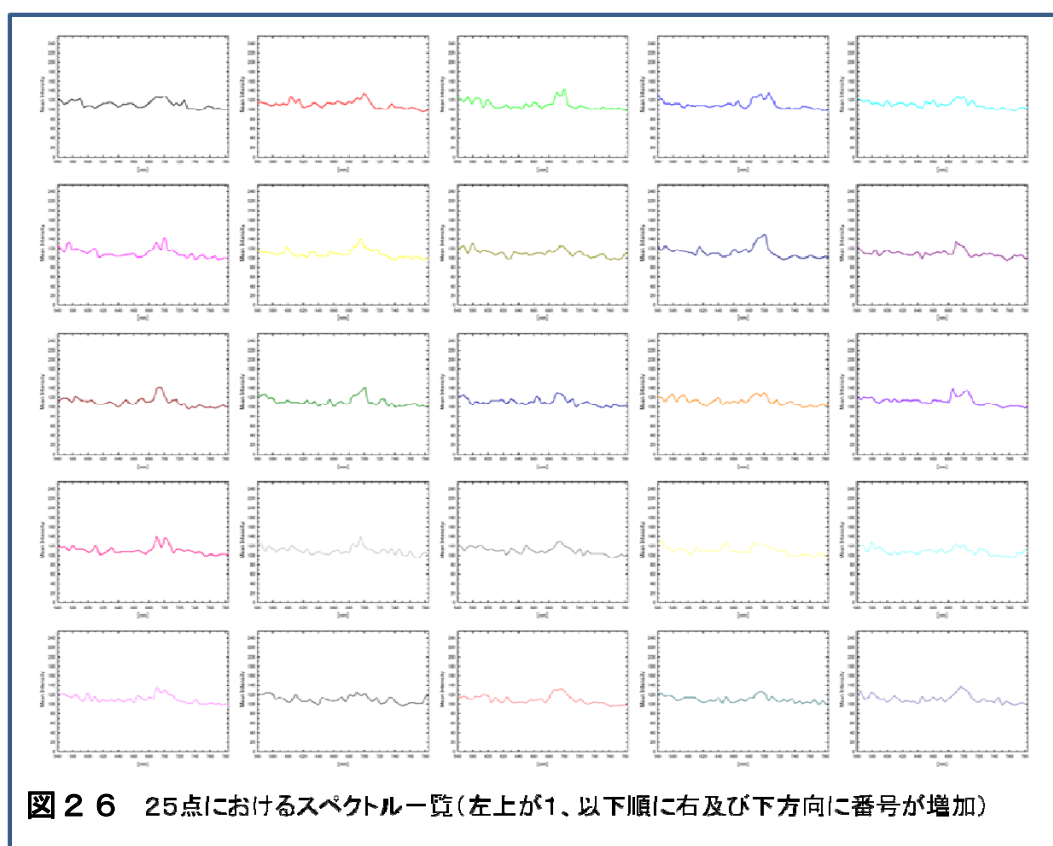
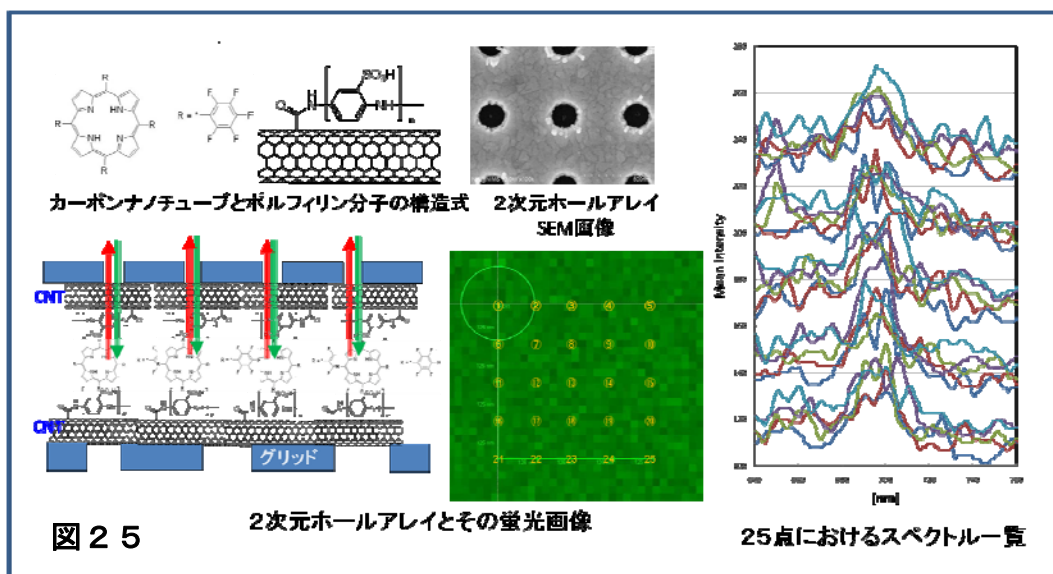


図25 に得られた蛍光画像と蛍光スペクトルの測定例を示す。蛍光画像上の1から 25 の番号を付した場所における蛍光スペクトルが図26である。1蛍光スペクトルのピークは 660 nm であり一方金の表面プラズモンに由来するスペクトルピークは 700 nm であることがすでにわかっている。この情報から25点のスペクトルを探索すると、19及び20番のスペクトルが分子に由来するピークが見られホールの表面プラズモンに由来するピークが減少していることが見てとれ、この2点においてホールを通して分子の蛍光を観測したと推測される。また分子に由来するスペクトル形状が異なっていることから分子の相互作用が異なっている状態を観測したのではないかと推測される。以上、スペクトル測定時にホールの場所を特定するすべ

がない現状ではスペクトルの形状を比較し推測するしかないが、今後さらに多くの点を測定しそれらを比較することでホールを通ったスペクトルであることを断定できる技術を高めていくことが期待される。

(2)研究成果の今後期待される効果

今回の光励起による分子からの蛍光測定の成果を今後さらに電子励起による方式へと展開することが見込まれる。今回の狙いである有機分子がそのナノメートルスケール電磁場環境の複雑さを反映した発光を検出することであり、その目的を達成するために有機分子をカーボンナノチューブの上に吸着させた構造を採用している。さらにカーボンナノチューブを電極として用い、有機分子を電子励起することにより、さらに注目する有機分子の電磁場環境はより複雑になることが予想される。このようなナノメートルスケール電磁場環境複雑性を用いて複雑性システム構築へと進むことが想定される。

4. 7近接場光ファネルを用いたスピン偏極原子誘導とスピクラスター形成(東京工業大学 伊藤グループ)

(1)研究実施内容及び成果

最も基本的なナノ機能構造体である少数個の原子からなるスピクラスターの形成に向けて、実験的研究1)エバネッセント光ファネルによる高密度冷却原子ビームの生成, 2)冷却原子のスピン偏極, および 3)密度汎関数法に基づくスピクラスターの数値シミュレーションを行った。

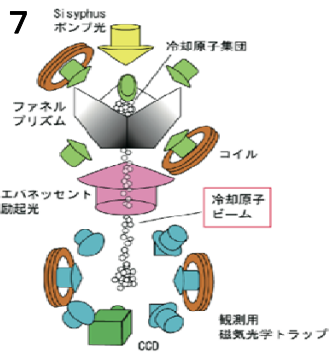
1)エバネッセント光ファネルによる高密度冷却原子ビームの生成

希ガス基板上への non-wetting 堆積を実現するためには、低速度で高密度のスピン偏極したアルカリ金属原子が必要である。我々のグループでは、極低温に冷却した超低速の原子を集めてビーム化する世界で唯一のエバネッセント光ファネルの開発とファネルにエバネッセント光を誘起するレーザービームの中空化を行い、出射原子の高密度化を図った。その結果、コリメートされた冷却原子ビームとしては世界最高水準のフラックス強度を達成した。

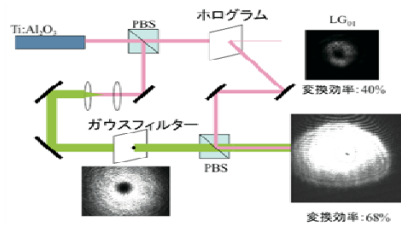
図27(a)にファネルから出射される冷却原子ビームのフラックス強度を測定する実験配置を示す。ファネル出射部で原子の大幅な散逸を防ぐために、図27(b)に示すように、励起光について、微小な中空径でかつ大きな外径 (4 mm) をもつ中空ビーム化を図った。図27(c)に、正離調を変化させたときのファネル下方 20 cm の位置 (スピクラスター形成用の Ar 基板を配置する位置) での出射原子数の増減を示す。ここで、入射パワーは 560 mW、中空径は 250 μm である。ガウスビームを用いた場合と比較すると、10 倍ほどの向上がみられた。また、正離調を 1.2GHz に固定して中空径を変えたとき、 ^{87}Rb 原子のフラックス強度はビーム径が 400 μm のときに最大となり、ガウスビームの 75 倍となった。理論計算によるとさらに 1000 倍の増加が見込まれる。今後更なる性能向上のために、中空ビームのファネルデバイスへの高効率な結合を図りたい。

また、フラックス強度は、ファネルの出射開口の大きさに依存するため、図27(d)のように出射口径 2 μm のエバネッセント光ファネル用デバイスを作製した。光ビームを端部に設けたグレーティングを介して結合し、走査近接場光学顕微システムによって TiO_2 面上に十分な強度のエバネッセント光の発生を観測した。今後は、このファネルを用いた冷却原子ビームの超高密度化を図る予定である。

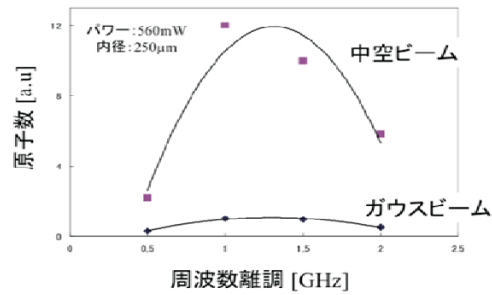
図 2 7



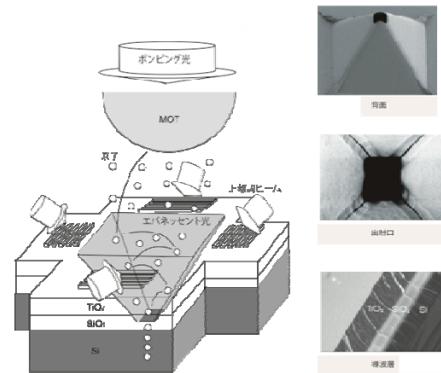
(a) エバネッセント光
ファネル実験装置



(b) 微小中空・大外径中空ビーム

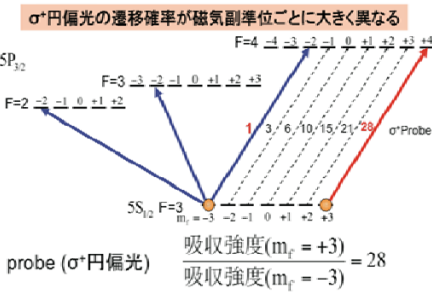


(c) 実験結果と理論予測



(d) 微小開口ファネルの概念図とSEM像

(a) spin orientationの検出方法



(b) レーザー冷却原子のspin orientation実験結果

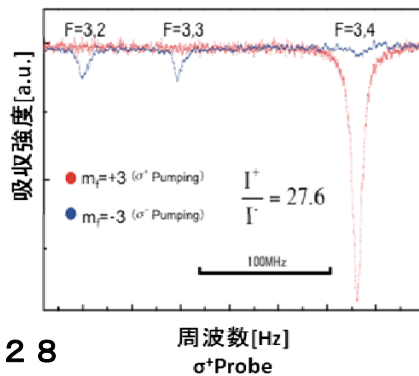
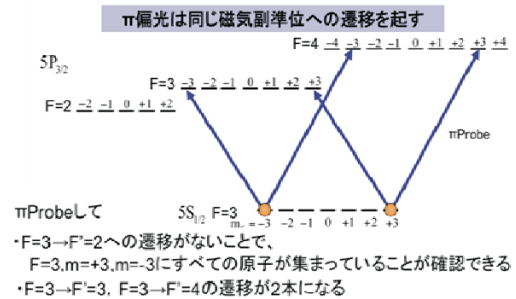
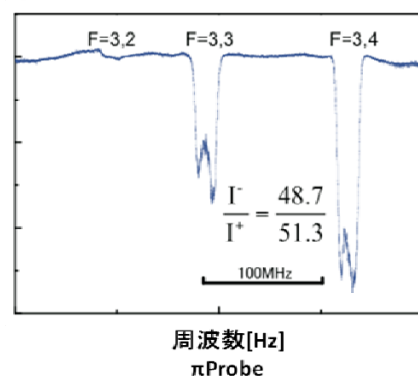


図 2 8

(c) spin alignmentの検出方法



(d) レーザー冷却原子のspin alignment実験結果



2) 冷却原子のスピンの偏極

スピン偏極した高密度・超低温のアルカリ金属原子を希ガス原子でコーティングした基板上に堆積させると、アルカリ金属原子と希ガス原子間の非弾効果によって基板との相互作用

用が回避され、スピン間の相互作用による自己組織化が生じてスピクラスタが形成される。そこで、光ポンピング法を用いて、磁気光学トラップ(MOT)によって生成した冷却 Rb 原子のスピン偏極を行い、ベクトル偏極 (Spin Orientation) とテンソル偏極量 (Spin Alignment) を観測した。

図28(a)に Spin Orientation の検出方法、(b)にその実験結果、(c)に Spin Alignment の検出方法、(d)にその実験結果を示す。冷却原子の応用研究が活発になされているが、以上のようにスピクラスタ形成用のソースとしてスピン偏極冷却 Rb 原子を生成したのは本研究が最初である。

3)スピクラスタの密度汎関数解析

自己組織化は、ナノデバイス大量作製の有力な方法になると期待されている。そこでスピクラスタの自己組織化に向けて密度汎関数法を用いたシミュレーションを行った。具体的には、2 量体の実験データを再現する B3LYP 密度汎関数を用いて、 ^6Li , ^7Li , ^{23}Na , ^{39}K , ^{40}K , ^{41}K , ^{85}Rb , ^{87}Rb , ^{133}Cs の安定な同位体を含めて9種類のアルカリ金属原子クラスタの安定構造を解析した。

電子軌道の縮退はクラスタを不安定にするため、最小スピン状態ではクラスタの形状が歪んで縮退を解き安定になる (Jahn-Teller 効果)。一方、最大スピン状態では対称性のよい形状が現れること、すなわち電子軌道の縮退が解けないときが安定になることを新たに見出した。

(2)研究成果の今後期待される効果

エバネッセント光ファネルは、原子レベル構造エンジニアリングにとって有用なツールになるものと期待される。とくに、超高フラックス微小開口型は、 1 nm^2 レベルの面密度でのスピクラスタ形成を可能にする。エバネッセント光ファネルから出力される高密度冷却原子ビームをスピン偏極することにより、希ガス基板上での nonn-wetting 効果に基づくスピクラスタの自己組織化が起こるものと考えられる。

§ 5 成果発表等

(1)原著論文発表 (国内(和文)誌 4 件、国際 (欧文) 誌 107 件)

(国際)

1. M. Felici, A. Polimeni, M. Capizzi, Y. Nabetani, T. Okuno, K. Aoki, T. Kato, T. Matsumoto, and T. Hirai, Passivation of an isoelectronic impurity by atomic hydrogen: The case of ZnTe:O, Appl. Phys. Lett., vol.88, 101910-1 - 101910-3 (2006).
2. Y. Nabetani, T. Okuno, K. Aoki, T. Kato, T. Matsumoto and T. Hirai, Photoluminescence properties of ZnTeO and ZnSeO alloys with dilute O concentration, physica status solidi(c), vol.3, 1078-1081 (2006).
3. T. Matsumoto, K. Nishimura, A. Nishii, A. Ota, Y. Nabetani, and T. Kato, Characterization of MBE grown ZnO on GaAs(111) substrates, phys. stat. sol.(c), 3, 984-987 (2006).
4. I. Suemune, G. Sasikala, H. Kumano, K. Uesugi, Y. Nabetani, T. Matsumoto, J. -T. Maeng and T. Y. Seong, Role of nitrogen precursor supplies on InAs quantum dot surfaces in their emission wavelength, Jpn. J. Appl. Phys., vol.45, L529-L532 (2006).
5. A. Nishii, T. Uehara, T. Sakano, Y. Nabetani, T. Akitsu, T. Kato, T. Matsumoto, S. Hagihara, O. Abe, S. Hiraki, and Y. Fujikawa, Low temperature growth of transparent conducting ZnO films by plasma assisted deposition, phys. stat. sol. (a) vol.203, 2887- 2890 (2006).
6. Y. Nabetani, T. Okuno, K. Aoki, T. Kato, T. Matsumoto, and T. Hirai, Epitaxial growth and optical investigations of ZnTeO alloys, phys. stat. sol. (a) vol.203, 2653-2657 (2006).
7. T. Yamazaki, N. Kumagai, A. Nishiura, T. Fujihira, Y. Seki, and T. Matsumoto, High voltage p-channel level shifter using charge-controlled self-isolation structure, Jpn. J. Appl. Phys. vol.45, 6914-6919 (2006).
8. T. Yamazaki, S. Jimbo, N. Kumagai, A. Nishiura, T. Fujihira, Y. Seki, and T. Matsumoto, Experimental and numerical studies on dV/dt robustness of 1200V high-voltage integrated circuits using self-isolated structure, Jpn. J. Appl. Phys., vol.45, 43-48 (2006).
9. Incorporation of P in CuInS₂ using InP as a p-type dopant, T. Kato, H. Yamaguichi, T. Nakamura, Y. Nabetani, T. Matsumoto, pss(c)3,(2006)2606-2609.
10. Composition control of ZnS₂SeO quaternary alloys grown on GaP, Y.Nabetani, Y.Ito, K.Kamisawa, T.Kato, T.Matsumoto, T.Hirai, Psys.stat.sol(c)3.1082-1086.
11. T. Kawazoe, K. Kobayashi, K. Akahane, M. Naruse, N. Yamamoto, and M. Ohtsu, "Demonstration of nanophotonic NOT gate using near-field optically coupled quantum dots," Applied Physics B Vol. 84, No. 1-2, 243-246 (2006).
12. E. Torikai, H. Hori, E. Hirose, K. Nagamine, "Electron transfer in DNA probed by the muon labeling method: A new interpretation", Physica B 374-375 (2006) 441-443.
13. T. Kawazoe, K. Kobayashi, and M. Ohtsu, "Near-field optical chemical vapor deposition using Zn(acac)₂ with a non-adiabatic photochemical process," Applied Physics B Vol. 84, No. 1-2, 247-251 (2006).
14. T. Matsui and K. Tanabe: Comparative Study of Speaker Identification Methods: dPLRM, SVM and GMM, IEICE Transactions on Information and Systems, E89-D•3 (2006), 1066-1073.
15. O.Birkenes, T.Matsui, K.Tanabe, Isolated-Word Recognition with Penalized

Logistic Regression Machines, Proc. ICASSP, (2006)

16. T. Yamamoto, S. Oishi: A Mathematical Theory for Numerical Treatment of Nonlinear Two-Point Boundary Value Problems, Japan Journal of Industrial and Applied Mathematics, 23:1 (2006), 31-62.
17. V.Janovsky, D.Janovska and K. Tanabe: Computing the analytic singular value decomposition via a path -following, Proceedings of ENUMATH 2005, Eds. A.B.De Casro et. al., Springer Verlag, New York, (2006) 911-918.
18. J.J.Riera, P.A.Valdes, K.Tanabe and R.Kawashima: A theoretical formulation of the electrophysiological inverse problem on the sphere, Physics in Medicine and Biology, Vol.51, (2006) 1738-1757.
19. K.Mitsutake and M.Tsukada, Theoretical study of electron-vibration coupling on carrier transfer in molecular bridges, e-J. Surf. Sci. Nanotechnol. **4** (2006) 311-318.
20. Y.Niimi, T.Matsui, H.Kambara, K.Tagami, M.Tsukada and H.Fukuyama, Scanning tunneling microscopy and spectroscopy of the electronic local density of states of graphite surfaces near monoatomic step edges, Phys. Rev. **B73** (2006) 0854211-0854218.
21. N.Kobayashi, T.Ozaki, K.Tagami, M.Tsukada and K.Hirose, First-Principles Calculations of Quantum Transport in Single Molecule, Jpn. J. Appl. Phys. **45**, 3B (2006) 2151-2153.
22. A.Masago, S.Watanabe, K.Tagami and M.Tsukada, Simulations of constant-height atomic force microscope images of a H-terminated Si(100) 2×1 surface with a CH₃ impurity, e-J. Surf. Sci. Nanotechnol. **4** (2006) 197-200.
23. Q.Gao, K.Tagami, M.Fujihira and M.Tsukada, Quenching Mechanism of Mechanically Compressed Green Fluorescent Protein Studied by CASSCF/AM1, Jpn. J. Appl. Phys. **45** (2006) L929-L931.
24. H. Ito, K. Yamamoto, A. Takamizawa, H. Kashiwagi, T. Yatsui, "Deflecting, focusing, and funneling atoms by near-field light," (invited paper), Journal of Optics A: Pure and Applied Optics, SPECIAL ISSUE: Fundamentals of Nano-photonics, Vol. 8, No. 4, pp. S153-S160, 2006.
25. K. Yamamoto, K. Totsuka, H. Ito: "Deflecting atoms through a submicron-sized slit with near-field light," Optical Review, Vol. 13, No. 5, 357-360, 2006.
26. K. Yamamoto, K. Totsuka, H. Ito: "Two-step photoionization of cold atoms by two-color evanescent-light waves and application to atom detection with high spatial resolution" Optics Communications, Vol. 265, 692-695, 2006.
27. H. Hori: Function and fundamental processes of nano-optoelectronics devices, Proc. SPIE, vol. 6642, 664211 (2007).
28. L.C. Chen, T. Ueda, M. Sagisaka, H. Hori, and K. Hiraoka, "Visible Laser Desorption/Ionization Mass Spectrometry Using Gold Nanorods," J. Phys. Chem. C, vol.111, 2409-2415 (2007).
29. L.C. Chen, J. Yonehama, T. Ueda, H. Hori and K. Hiraoka, "Visible-laser desorption /ionization on gold nanostructures," J. Mass Spectrometry. Vol.42, 346-353 (2007).
30. F Boscherini, M Malvestuto, G Ciatto, F D'Acapito, G Bisognin, D. De Salvador, M Felici, A Polimeni, and Y Nabetani, X-ray absorption and diffraction study of II-VI dilute oxide semiconductor alloy epilayers, J. Phys.: Condens. Matter, vol.19, 446201-1 - 446201-12 (2007).
31. T. Yamazaki, N. Kumagai, A. Nishiura, T. Fujihira, and T. Matsumoto, Robustness of self-isolated high-voltage integrated circuit against the voltage surge during

- conductivity modulation delay in free-wheeling diode, Jpn. J. Appl. Phys. vol.46, 569–571(2007).
32. S. Srinivas and E. Torikai: A Density Functional Study of the Structure and Self-Organization in Spin Clusters, J.Mag.Mag.Mat., 310 (2007) 2390–2391.
 33. E. Hirose and E. Torikai: Spin Dependent Scattering of Cs Atoms from Ferromagnetic Surfaces, J. Mag. Mag. Mat., 310 (2007) 2740–2742.
 34. H.Yonemitsu, T. Kawazoe, K. Kobayashi, and M. Ohtsu, “Nonadiabatic photochemical reaction and application to photolithography,” Journal of Luminescence Vol. 122–123, 230–233 (2007).
 35. Y. Tanaka and K. Kobayashi, “Spatial Localization of an Optical Near Field Dressed by Coherent Phonons,” AIP Conference Proceedings Vol. 893, 859–860 (2007).
 36. A. Sato, F. Minami, and K. Kobayashi, “Spin and Excitation Energy Transfer in a Quantum-Dot Pair System through Optical Near-Field Interactions,” Physica E Vol. 40, Issue 2, 313–317 (2007).
 37. Y. Tanaka and K. Kobayashi, “Spatial Localization of an Optical Near Field in One-Dimensional Nanomaterial System,” Physica E Vol. 40, Issue 2, 297–300 (2007).
 38. T. Kawazoe, K. Kobayashi, and M. Ohtsu, “Initial growth process of a Zn nanodot fabricated using nonadiabatic near-field optical CVD,” Journal of Photopolymer Science and Technology Vol. 20, 129–131 (2007).
 39. T. Yatsui, T. Kawazoe, K. Kobayashi, and M. Ohtsu, “Near-field components and evaluation of the photoluminescence in Si nano-structure,” Journal of Nanophotonics, Vol. 1, 011570–1–5 (2007).
 40. S. Oishi, K. Tanabe, T. Ogita, S. M. Rump: Convergence of Rump’s Method for Inverting Arbitrarily Ill-conditioned Matrices, Journal of Computational and Applied Mathematics, 205:1 (2007) 533–544.
 41. T. Nishi, Y. Nakaya, T. Ogita, S. Oishi: A Class of Ill-conditioned Nonlinear Algebraic Equations, Proceedings of 2007 International Symposium on Nonlinear Theory and its Applications, Vancouver, Canada, (2007) 172–175.
 42. T. Ogita, S. Oishi: Tight Error Bounds for Approximate Solutions of Linear Systems, Proceedings of 2007 International Symposium on Nonlinear Theory and its Applications, Vancouver, Canada, (2007) 345–348.
 43. K. Ozaki, T. Ogita, S. M. Rump, S. Oishi: Accurate Matrix Multiplication with Multiple Floating-point Numbers, Proceedings of 2007 International Symposium on Nonlinear Theory and its Applications, Vancouver, Canada, (2007) 337–340.
 44. Birkenes, T. Matsui, K.Tanabe and T.A.Myrvoll, N-best rescoring for speech recognition using penalized logistic regression machines with garbage class, Proceedings of 2007 International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing (IEEE-ICASP2007), 2007.
 45. T. Aso, B.Gustavsson, K.Tanabe, U.Braendstrom, T. Sergienko and I.Sandahl, “A proposed Bayesian model on the generalized tomographic inversion of aurora using multimodal data,” Proceedings of the Kiruna Optical Meeting. 2007.
 46. A.Kitada, Y. Ogasawara, T. Yamamoto: On a dendrite generated by a zero-dimensional weak self-similar set, Chaos, Solitons & Fractals, 34 (2007) 1732–1735.
 47. M. Naruse, T. Inoue, and H. Hori: Analysis and Synthesis of Hierarchy in Optical Near-Field Interactions at the Nanoscale Based on Angular Spectrum, Japanese Journal of Applied Physics, Vol. 46, No. 9A, pp. 6095–6103, Sep. 2007.
 48. M. Naruse, T. Yatsui, H. Hori, K. Kitamura, and M. Ohtsu: Generating small-scale

structures from large-scale ones via optical near-field interactions, *Optics Express* Vol. 15, pp. 11790–11797, Aug. 2007.

49. M. Naruse, H. Hori, K. Kobayashi, and M. Ohtsu: Tamper resistance in optical excitation transfer based on optical near-field interactions, *Optics Letters*, Vol. 32, Issue 12, pp. 1761–1763, June. 2007.
50. K.Tagami and M.Tsukada, Simulated non-contact AFM images of an alcohol molecule in an alkanethiol self-assembled monolayer, *Nanotechnology* **18** (2007) 084005.
51. M.Tsukada, K.Tagami, Q.Gao and N.Watanabe, Theoretical Simulations of Scanning Probe Microscopy for Organic and Inorganic Materials, *Current Nanoscience* **3** (2007) 57–62.
52. H.Nejo, Y.Maeda and T.Akasaka, “The topological structures of the debundled single-walled carbon nanotubes on a grid”, *Materials Transactions* 48, 711–717 (2007).
53. T.Sato, H.Ito, “Sub-100-nm-wide slit for detecting ground state atoms with near-field photoionization,” *J. Nanophoton.* Vol. 1, 011560, 2007.
54. Y. Ohdaira, T. Inoue, H. Hori, and K. Kitahara, “Local circular polarization observed in surface vortices of optical near-fields”, *Optics Express*, vol.16, 2915–2921 (2008).
55. T. Muranaka, T. Uehara, T. Sakano, Y. Nabetani, T. Akitsu, T. Kato, T. Matsumoto, S. Hagihara, O. Abe, S.Hiraki and Y. Fujikawa, Doping profile and nanostructural properties of molecular beam deposited GZO thin films on glass substrates, *J. Korean Phys. Soc.*, vol. 53, 2897–2900 (2008).
56. T. Muranaka, A. Nishii, T. Uehara, T. Sakano, Y. Nabetani, T. Akitsu, T.Kato, T. Matsumoto, S.Hagihara, O. Abe, S. Hiraki and Y. Fujikawa, Electrical and Optical Properties of Ga-Doped ZnO Films Grown by Plasma Assisted Deposition on Glass and Plastic Substrates, *J. Korean Phys. Soc.* vol. 53, 2947–2950 (2008).
57. M. Ito, M. Tajima, K. Omori, T. Muranaka, Y. Nabetani, T. Kato and T. Matsumoto, Magneto-Optical Properties of ZnMnSe-ZnSe-ZnCdSe Quantum Structures, *J. Korean Phys. Soc.* vol. 53, 2972–2975 (2008).
58. E. Hirose and E. Torikai, “Dynamics of spin exchange in alkali atom-surface scattering”, *Surface and Interface Analysis*, 40, 1705–1708, 2008.
59. Y. Tanaka and K. Kobayashi, “Optical near field dressed by localized and coherent phonons,” *Journal of Microscopy* Vol. 229, Pt.2, 228–232 (2008).
60. A.Kitada, Y. Ogasawara: Note on a property specific to the tent map, *Chaos, Solitons & Fractals*, 35 (2008) 104–105.
61. T.Yamamoto, S.Oishi and Q.Fang: Discretization principles for linear two-point boundary value problems, II. *Numer. Funct. Anal. Optimz.* 29 (2008) 213–224.
62. S. M. Rump, T. Ogita, S. Oishi: Accurate Floating-Point Summation Part I: Faithful Rounding, *SIAM Journal on Scientific Computing*, 31(1): (2008) 189–224.
63. S. M. Rump, T. Ogita, S. Oishi: Accurate Floating-Point Summation Part II: Sign, K-fold Faithful and Rounding to Nearest, *SIAM Journal on Scientific Computing*, Vol.31, No.2 (2008).
64. N. Yamanaka, T. Ogita, S. M. Rump, S. Oishi: A Parallel Algorithm for Accurate Dot Product, *Parallel Computing*, 34:6–8 (2008), 392–410.
65. Birkenes, T. Matsui, K. Tanabe and T.A. Myrvoll: Automatic Speech Recognition via N-Best Rescoring using Logistic Regression, *Speech Recognition* (F. Mihelic and J. Zibert, eds), IN-TECH (2008), 225–240.
66. Aso, T., B. Gustavsson, K. Tanabe, U. Brändström, T. Sergienko, and I. Sandahl: A

- proposed Bayesian model on the generalized tomographic inversion of aurora using multi-instrument data, Proc 33rd Annual Meeting on Atomospheric Studies by Optical Methods, IRF Sci. Rep., 292 (2008) 105–109.
67. A.Kitada, Y. Ogasawara: Note on a property specific to the tent map, *Chaos, Solitons & Fractals*, 35 (2008) 104–105.
 68. M. Naruse, T. Yatsui, J. H. Kim, and M. Ohtsu: Hierarchy in Optical Near-fields by Nano-scale Shape Engineering and its Application to Traceable Memory, *Applied Physics Express*, Vol. 1, No. 6, pp. 062004 1–3, May 2008.
 69. M. Naruse, K. Nishibayashi, T. Kawazoe, K. Akahane, N. Yamamoto, and M. Ohtsu: Scale-dependent Optical Near-fields in InAs Quantum Dots and their Application to Non-pixelated Memory Retrieval, *Applied Physics Express*, Vol. 1, No. 7, pp. 072101 1–3, June 2008.
 70. M. Naruse, T. Yatsui, H. Hori, M. Yasui, and M. Ohtsu: Polarization in optical near- and far-field and its relation to shape and layout of nanostructures, *Journal of Applied Physics*, Vol. 103, No. 11, pp. 113525 1–8, June 2008.
 71. M. Naruse, T. Yatsui, T. Kawazoe, N. Tate, H. Sugiyama, and M. Ohtsu: Nanophotonic Matching by Optical Near-Fields between Shape-Engineered Nanostructures, *Applied Physics Express*, Vol. 1, No. 11, pp. 112101 1–3, October 2008.
 72. M.Harada, M.Tsukada, Theoretical Simulation of noncontact atomic force microscopy of 5-(4-methylthiophenyl)-10,15,20-tris(3,5-di-t-butylphenyl) porphyrin, *Phys. Rev.* **B77**, 205435 (2008).
 73. A.Masago, S.Watanabe, K.Tagami, and M.Tsulada, Adsorption of benzene on Si(001) from noncontact atomic force simulation, *Jpn. J. Appl. Phys.* **47** 6092–6095 (2008).
 74. M. Naruse, H. Hori, K. Kobayashi, M. Ishikawa, K. Leibnitz, M. Murata, N. Tate, and M. Ohtsu: Information theoretical analysis of hierarchical nano-optical systems in the subwavelength regime, *Journal of the Optical Society of America B*, Vol. 26, No. 9, pp. 1772–1779, September 2009.
 75. L. C. Chen, Kunihiko Mori, H. Hori, K. Hiraoka, “Au-assisted visible laser MALDI,” *International Journal of Mass Spectrometry* vol. 279, 41–46 (2009).
 76. T. Matsumoto, K. Omori, K. Nakamura, T. Muranaka and Y. Nabetani., MBE growth and magneto-optical properties of ZnCdSe–ZnMnSe wire systems, *phys. status solidi (c)*, vol.6, 1339–1342 (2009).
 77. T. Yatsui, S. Sangu, K. Kobayashi, T. Kawazoe, M. Ohtsu, J. Yoo, and G.-C. Yi, “Nanophotonic energy up conversion using ZnO nanorod double-quantum-well structures,” *Applied Physics Letters* Vol. 94, 083113 (2009).
 78. T. Kawazoe, H. Fujiwara, K. Kobayashi, and M. Ohtsu, “Visible light emission from dye molecular grains by infrared excitation based on the nonadiabatic transition induced by the optical near field,” *IEEE Journal of Selected Topics in Quantum Electronics*, 15, 1380–1386 (2009).
 79. K. Kobayashi, A. Sato, T. Yatsui, T. Kawazoe, M. Ohtsu, “New aspects in nanofabrication using near-field photo-chemical vapor deposition,” *Applied Physics Express* 2, 075504 (2009).
 80. A. Sato, Y. Tanaka, F. Minami, and K. Kobayashi, “Photon localization and tunneling in a disordered nanostructure,” *Journal of Luminescence* 129, 1718–1721 (2009).
 81. Shin’ichi Oishi and Kunio Tanabe: Numerical Inclusion of Optimum Point for Linear Programming, *JSIAM Letter*, Vol.1 (2009) 5–8.

82. T. Ogita, S. Oishi: Tight Enclosures of Solutions of Linear Systems, International Series of Numerical Mathematics, 157(2009), 167-178 , (Inequalities and Applications, C. Bandle, A. Gilanyi, L. Losonczi, Z. Pales, M. Plum eds., Birkhauser Verlag).
83. Y. Ogasawara and A. Kitada: Addendum to “A Consideration of the Morphological Stability of an Interface”, Journal of the Physical Society of Japan, 78 (2009) 57001.
84. Y. Ogasawara: Flattening property of a surface due to optical assisted chemical near-field etching, Applied Physics B (Lasers and Optics), 97 (2009) 1.
85. T. Ogita, S. Oishi: Fast Verified Solutions of Linear Systems, Japan Journal of Industrial and Applied Mathematics, 26(2009)169.
86. K. Ozaki, T. Ogita, S. M. Rump, S. Oishi: Adaptive and Efficient Algorithm for 2D Orientation Problem, Japan Journal of Industrial and Applied Mathematics, 26(2009)215.
87. S. Oishi, T. Ogita, S. M. Rump: Iterative Refinement for Ill-conditioned Linear Systems, Japan Journal of Industrial and Applied Mathematics, 26(2009)465.
88. Y. Nakaya, T. Nishi, S. Oishi and M. Claus: Numerical Verification of Five Solutions in Two-transistor Circuits, Japan Journal of Industrial and Applied Mathematics, 26(2009)327.
89. M. Naruse, T. Kawazoe, R. Ohta, W. Nomura, and M. Ohtsu: Optimal mixture of randomly dispersed quantum dots for optical excitation transfer via optical near-field interactions, Physical Review B, Vol. 80, No. 12, pp. 125325 1-7, September 2009.
90. A. Masago, S. Watanabe, K. Tagami and M. Tsukada, Simulation of Atomic Force Microscopy of Hydrogen- and Methyl-Terminated Si(001) Surfaces, Jpn., J. Appl. Phys., **48** 025506-025511 (2009).
91. Y. Ohtsuka and M. Tsukada, Theoretical Study of Crystal Structures and Energy Bands of Polyacene and Pentacene Derivatives, J. Phys. Soc. Jpn., **78**, 024713-024725 (2009).
92. M. Tsukada and K. Mitsutake, Theory of Dissipative Electron Transport of a Molecule at the Interface, J. Phys. Soc. Jpn., **78** (2009) 084701-1~11.
93. M. Araidai and M. Tsukada, Diffusion Processes in Single-Atom Electro-migration along a Good Chain: First-Principles Calculations, Phys. Rev. B **80** (2009) 045417.
94. H. Tamura, Coherent transfer via environment-induced vibronic resonance, J. Chem. Phys. **130**, 214705-1-8 (2009).
95. H. Tamura, J.M. Mallet, M. Oheim, and I. Burghardt, Ab initio study of excitation energy transfer between quantum dots and dye molecules, J. Phys. Chem. C, **113**, 7548-7552 (2009).
96. H. Kashiwagi, H. Ito, “Microfabricated evanescent-light funnel with high-intensity cold atom flux,” Optics Communications, Vol. 282, 4543-4547, 2009.
97. T. Muranaka, T. Sakano, K. Mizuguchi, Y. Nabetani, T. Akitsu, T. Matsumoto, S. Hagihara, O. Abe, S. Hiraki and Y. Fujikawa, XRD characterization of ZnO layers grown on GaAs(111)B, c-plane and a-plane sapphire substrates by plasma-assisted MBE, phys. status solidi (c) vol. 7, 1556-1558 (2010).
98. T. Muranaka, S. Iizuka, M. Hishikawa, K. Kodama, K. Ohmori, Y. Nabetani and T. Matsumoto, Structural and optical properties of ZnSe-based diluted magnetic semiconductor quantum-well wire arrays by wet chemical etching, phys. status solidi (c) vol. 7, 1648-1650 (2010).
99. K. Ohmori, K. Kodama, T. Muranaka, Y. Nabetani, and T. Matsumoto, Tunneling of spin polarized excitons in ZnCdSe and ZnCdMnSe coupled double quantum wells, phys. status solidi (c) vol. 7, 1642-1644 (2010).

100. A. Sato, F. Minami, H. Hori, and K. Kobayashi, "Spin information achieved by energy transfer via optical near fields between quantum dots and its robustness," *Journal of Computational and Theoretical Nanoscience* Vol.7, No. 9, 1707-1716 (2010).
101. Y. Ogasawara: Sufficient Conditions for the Existence of a Primitive Chaotic Behavior, *Journal of the Physical Society of Japan*, 79 (2010) 15002
102. Birkenes, T.Matsui, K.Tanabe et al. Penalized Logistic Regression with HMM Log-Likelihood Regressors for Speech Recognition, *IEEE Trans. on Audio, Speech, and Language Processing*, Vol. 18, No.6 (2010) 1440-1454.
103. M. Naruse, E. Runge, K. Kobayashi, and M. Ohtsu: Efficient optical excitation transfer in layered quantum dot nanostructures networked via optical near-field interactions, *Physical Review B*, Vol. 82, No. 12, pp. 125417 1-8, September 2010.
104. M. Naruse, H. Hori, K. Kobayashi, P. Holmstrom, L. Thylen, and M. Ohtsu: Lower bound of energy dissipation in optical excitation transfer via optical near-field interactions, *Optics Express*, Vol. 18, pp. A544-A553, October 2010.
105. M.Araidai and M.Tsukada, Theoretical Calculations of Electron Transport in Molecular Junction: Inflection Behavior in Fowler-Nordheim Plot and Its Origin, *Phys. Rev.* **B81** (2010) 235114.
106. N.S.Venkataramanan, A.Suvitha, H.Nejo, Y.Kawazoe, Electronic structures and spectra of symmetric meso-substituted porphyrin; DFT and TDDFT-PCM investigations, *Int.J.Quantum.Chem.* accepted (2010).
107. H. Kashiwagi, H. Ito, "Atom Funnel with a Micron-Sized Outlet Using Evanescent Light," *Japanese Journal of Applied Physics*, Vol.49, 012001, 2010.

(国内)

1. 宮島 信也, 荻田 武史, 大石 進一: 実対称行列の各固有値に対する精度保証付き数値計算法, *日本応用数理学会論文誌*, 15:3 (2005), 253-268.
2. 太田 貴久, 荻田 武史, S. M. Rump, 大石 進一: 悪条件連立一次方程式の精度保証付き数値計算法, *日本応用数理学会論文誌*, 15:3 (2005), 269-287.
3. 荻田 武史, 大石 進一: 大規模連立一次方程式のための高速精度保証法, *情報処理学会論文誌: 数理モデル化と応用*, 46:SIG10 (TOM12) (2005), 10-18.
4. 田中良昌, 麻生武彦, ビョルン グスタフソン, 田邊國士, 門倉昭, 小川泰信: 一般化オーロラトモグラフィ法によるオーロラ降下電子の再構成, *電子情報通信学会論文誌 A*, Vol. J93-A No. 2 (2010) 136-145.

(2)その他の著作物(総説、書籍など)

①詳細情報

1. T. Inoue and H. Hori, Quantum Theory of Radiation in Optical Near-Field Based on Quantization of Evanescent Electromagnetic Waves Using Detector Mode, *Progress in Nano-ElectroOptics*, vol.4, 127-199 (2005).
2. 松井知子・田邊國士, dPLRM を用いた話者識別, *統計数理*, 53-2 (2005), 201-210.
3. 成瀬 誠、「近接場光からシステムへ - 近接場光相互作用を用いた光システム」, *O plus E*, Vol. 27, No. 12, pp. 1399-1403, 2005.
4. 安久 正紘、「遅延波と先進波 - 近接場光学における先進波の役割」, *O plus E*, Vol. 27, No. 12, pp. 1423-1426, 2005.
5. 井上 哲也、「近接場光信号伝送の基礎過程- 近接場光と励起のトンネル現象」, *O plus E*, Vol. 27, No. 12, pp. 1418-1422, 2005.
6. T. Kawazoe, K. Kobayashi, S. Sangu. M. Ohtsu, and A. Neogi, "Unique Properties

- of Optical Near Field and their Applications to Nanophotonics,” in Progress in Nano-Electro-Optics V (edited by M. Ohtsu), Springer-Verlag, pp. 109-162, 2006.
7. S. Sangu, K. Kobayashi, A. Shojiguchi, T. Kawazoe, and M. Ohtsu, “Theory and Principles of Operation of Nanophotonic Functional Devices,” in Progress in Nano-Electro-Optics V (edited by M. Ohtsu), Springer-Verlag, pp. 1-62, 2006.
 8. 大津 元一, 小林 潔, ナノフォトニクス基礎, オーム社, 2006.
 9. 塚田捷、表面・界面そしてナノ構造の理論、固体物理 **41** (2006) 67-79.
 10. 田邊國士: 帰納推論機械 PLRM と dPLRM -- 方法論、モデル、アルゴリズムおよび応用, システム/制御/情報、Vo.51. No.2, 2007, pp.87-95.
 11. 塚田捷、ナノ構造および物性の計算機シミュレーション、「ナノテクのための工学入門」日本表面科学会編、共立出版 (2007) 213-238.
 12. M.Tsukada, Electronic Structures of 1D Systems: From Atom Wire and Molecular Bridges to Scanning Probe Microscopy, in “Theoretical Survey of One-Dimensional Systems” eds. By Young Kuku, S.Hasegawa and Q-K. Xue, (2007) pp125-228, Sowha Pub Co.
 13. 堀 裕和, 総合報告, ナノ光科学・技術の進展と今後の展望, 応用物理, 77 巻, 6 号, 631-642, 2008.
 14. 堀 裕和, 井上 哲也, 小林 潔, ナノスケールの光と電子系の相互作用 - ナノ光科学の量子光学的基礎 -, オーム社, 東京, 2008.
 15. M. Ohtsu, K. Kobayashi, T. Kawazoe, T. Yatsui, and M. Naruse, Principles of Nanophotonics, CRC Press, Boca Raton, 2008.
 16. K. Kobayashi, Y. Tanaka, T. Kawazoe, and M. Ohtsu, “Localized Photon Model Including Phonon’s Degrees of Freedom,” Progress in Nano-Electro-Optics VI (edited by M. Ohtsu), Springer-Verlag, Berlin, 2008.
 17. 堀 裕和, 井上 哲也, 小林 潔, ナノスケールの光と電子系の相互作用 - ナノ光科学の量子光学的基礎 -, オーム社, 東京, 2008.
 18. 上田 皖亮: 現代非線形科学シリーズ 12 「カオス現象論」, 単著, コロナ社 (2008.3.31)
 19. 成瀬 誠: ナノフォトニクスのシステムアーキテクチャー近接場光相互作用の階層性とその応用一、応用物理、第 77 巻、第 6 号、pp. 668-671、2008 年 6 月。
 20. 塚田捷、分子架橋の電子輸送と新機能探索、応用物理学会誌、77 (2008) 643-649
 21. 小林 潔, “ナノ領域における光近接場現象とその応用,” 表面科学 30, 638-641 (2009).
 22. 成瀬 誠、堅 直也: ナノフォトニクスのシステムアーキテクチャ: 物理的基礎からシステムとしての機能へ、表面科学、第 30 巻、第 11 号、pp. 620-625、2009 年 11 月。
 23. 上田 皖亮: 「カオス」コラム、自己組織化ハンドブック, pp.207-208 (2009 年 11 月 13 日 株式会社エヌ・ティー・エス刊)
 24. M. Naruse, T. Yatsui, T. Kawazoe, H. Hori, N. Tate, and M. Ohtsu: Shape-Engineered Nanostructures for Polarization Control in Optical Near- and Far-Fields, Progress in Nano-Electro-Optics VII, Chemical, Biological, and Nanophotonic Technologies for Nano-Optical Devices and Systems, Springer Series in Optical Sciences, Vol. 155 (Springer, Berlin, 2009), pp. 131-145.
 25. M. Naruse, T. Yatsui, H. Hori, K. Kitamura, and M. Ohtsu: Hierarchy in Optical Near-fields and its application to Nanofabrication, in M. Ohtsu Ed., Nanophotonics and Nanofabrication (WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, 2009) pp. 241-251
 26. 大津元一、成瀬 誠、八井 崇: 先端光技術入門 - ナノフォトニクスに挑戦しよう - (大津元一編 先端光技術シリーズ第3巻)、朝倉書店、2009.
 27. 塚田捷、田上勝規、光武邦寛; 分子ナノデバイス新機能の理論的予言」松重、田

- 中、和田編「分子エレクトロニクスの基盤技術と将来展望」240-256 ページ、シーエムシー出版、2009 年
28. 塚田捷;「SPMの理論シミュレーション法とその応用」、重川、吉村、河津編「走査プローブ顕微鏡」、共立出版、2009 年
 29. 塚田捷、田上勝規、原田昌紀、走査プローブ顕微鏡による表面・界面の理論研究、「表面科学」、**31** (2009) 66-72.
 30. S. Sangu and K. Kobayashi, “Operations in Nanophotonics,” Handbook of Nanophysics (edited by K. Sattler), CRC Press, Taylor&Francis, 3rd September 2010.
 31. K. Kobayashi, “Photon Localization at the nanoscale,” Handbook of Nanophysics (edited by K. Sattler), CRC Press, Taylor&Francis, 3rd September 2010.
 32. 上田皖亮:カオス現象の解説と一提言, 解説、日本原子力学会誌、Vol.52, No.3, (2010) pp.24-28.
 33. N. Tate, W. Nomura, T. Yatsui, T. Kawazoe, M. Naruse, and M. Ohtsu, “Parallel retrieval of nanometer-scale light-matter interactions for nanophotonic systems,” in F. Peper, H. Umeo, N. Matsui, and T. Isokawa Eds., Natural Computing, Proceedings in Information and Communications Technology (Springer, Tokyo, 2010), pp. 298-307
 34. 成瀬 誠、堅 直也、「情報から見たナノフォトニクスの基本構造」、O plus E、第 32 巻、第 2 号、pp. 145-149、2010 年 2 月.
 35. 成瀬 誠: 近接場光相互作用に基づく階層型メモリ、光技術動向調査報告書、財団法人光産業技術振興協会、pp. 213-215、2010 年 3 月.
 36. 北原和夫、杉山忠男、「統計力学」、講談社、2010 年
 37. 伊藤治彦、「近接場光のセンシング・イメージング技術への応用-最新のバイオ・化学・デバイス分野への展開-」,(民谷栄一, 朝日剛 監修) <化学・デバイス分野> 第 2 章 近接場光を用いた原子の制御と検出, シーエムシー出版, 2010 年 11 月

(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 40 件、国際会議 61 件)

(国内)

1. 大石 進一(早大): 疎連立一次方程式の解の反復解法を用いた数値的精度保証法, 日本応用数理解学会環瀬戸内応用数理研究部会 第 9 回シンポジウム, 2005 年 11 月 12 日
2. 大石 進一(早大): 数値線形代数を中心とした精度保証付き数値計算の研究の最近の状況, Computer Algebra - Design of Algorithms, Implementations and Applications 2005, 京都大学数理解析研究所, 2005 年 12 月 20 日
3. 成瀬 誠(情報通信研究機構)、ナノフォトニクスが切り拓く新たな世界 - 情報処理システム, シンポジウム「ナノフォトニクス 2006 -その現状と今後の展開-」(主催: NPO 法人ナノフォトニクス工学推進機構)(東京 2006.3.20)
4. 堀 裕和(山梨大)、“ナノ光電子機能の創生,” 第 53 回春季応用物理学会, 武蔵工大、2006 年 3 月 22-26 日, 25p-ZL-1.
5. 成瀬 誠(情報通信研究機構)、近接場光相互作用の階層性を用いた光システム, 第 53 回応用物理学関係連合講演会, (東京 2006.3.25)
6. 成瀬 誠(情報通信研究機構)、システムから見たナノフォトニクス、日本光学会(応用物理学会)情報フォトニクス研究グループ 第 6 回情報フォトニクス研究会(秋合宿)情報フォトニクスの拡がり - ナノから光システムへ、光システムからナノへ(裾野 2006.9.12)

7. 成瀬 誠(情報通信研究機構)、システムから見た近接場光相互作用の基本機能、日本光学会年次学術講演会・日本分光学会秋季講演会(東京 2006.11.8)
8. 塚田捷(早稲田大学)、まとめと将来展望、日本物理学会 2006 年度秋季大会シンポジウム「単一分子伝導研究の現状と課題」、千葉大学西千葉地区、2006.9.24
9. 塚田捷(早稲田大学)、分子架橋系の量子伝導の理論、佐々木シンポジウム、東京工業大学大岡山キャンパスデジタル多目的ホール、2006.12.21
10. 伊藤治彦 (東工大)「ナノ構造における光学原子制御」フォトニクスナノデバイス集積工学シンポジウム, 東京, 2006 年 12 月 4 日
11. 伊藤治彦(東工大)「近接場光を用いた原子制御」ハイブリッド研究会, 日立中央研究所, 2006 年 12 月 19 日
12. 堀 裕和(山梨大学), ナノフォトニクスの新しい展開, レーザー学会学術講演会第 27 回年次大会, 宮崎市フェニックスシーガイアリゾート, 2007 年 1 月 18 日
13. 堀 裕和(山梨大学), 「ナノフォトニクスにおける物理現象を考える」第 54 回春季応用物理学会, 青山学院大学, 2007 年 3 月 28-30 日, 28p-ZX-1.
14. 小林 潔(東工大院理工), 「ナノフォトニクスと近接場光学」第 54 回春季応用物理学会, 青山学院大学, 2007 年 3 月 28-30 日, 28p-ZX-5.
15. 堀 裕和:近接場イメージングの方法と将来について, 第 39 回光波センシング技術研究会講演会, アクトシティ浜松, 2007 年 6 月 12 日.
16. 齊藤郁夫(公立はこだて未来大学): FDTD法の理論的特徴付けおよびその拡張の試み、日本シミュレーション学会、東京工業大学(神奈川県すずかけ台)、2007 年 6 月 22 日
17. Shin'ichi Oishi(早大): Numerical Uniqueness and Existence Theorem for Solution of Lippmann-Schwinger Equation, 九州大学数理学府 21 世紀 COE シンポジウム特別講演 (2007/10/1-4).
18. 堀 裕和: ナノフォトニクスにおける機能とその素過程, 第 11 回NAIST科学技術セミナー, 2007 年 11 月 30 日.
19. 大石 進一(早大): 高速で高精度な浮動小数点数の内積計算法と精度保証付き数値計算, 日本数学会, 近畿大学 (2008/3/23).
20. 上田暁亮(早大): カオスの発見とその後, 理研シンポジウム「科学・技術・社会におけるカオスによる変革」～カオスの発見からイノベーションへ～ 2008.09.16
21. 大石進一 (早大)「浮動小数点数の無誤差変換と精度保証付き数値計算」第 20 回 RAMP シンポジウム 東京工業大学西9号館2F デジタル多目的ホール(東京都目黒区大岡山), 2008 年 10 月 30 日
22. 大石進一 (早大)「精度保証付き数値計算の現状-基礎としての線形系から非線形問題の計算機援用証明までのサーベイ-」, 研究集会「非線型波動の数理解と物理」九州大学筑波地区総合研究棟, 2008 年 11 月 7 日
23. 大石進一 (早大)「精度保証付き数値計算から見たナノ光シミュレーション」学振 130 号委員会, 2008 年 11 月 10 日
24. 井上哲也: ナノ領域の電磁相互作用によるエネルギー移動の基礎理論、第 55 回応用物理学関連連合講演会、講演予稿集、p.79, 2008 年 3 月 28 日
25. 成瀬 誠(情報通信研究機構): ナノ領域での光学的相関に基づく機能システム、第 55 回応用物理学関連連合講演会(船橋市 2008.3.28)
26. 佐藤峰斗(東工大), 佐藤琢哉, 伊藤治彦, 近接場光レンズを用いた原子収束におけるド・ブローイ波圧縮, 第 55 回応用物理学関係連合講演会, 日本大学, 2008 年 3 月 28 日
27. 小林 潔(東大院工), “ナノ領域における近接場光反応とナノ加工の素過程,” 第 56 回応用物理学関係連合講演会, 筑波大、3 月 30 日—4 月 2 日, 2009.
28. 大石進一(早大):Maxwell 方程式によるナノ領域電磁界計算の精度保証, 2009 年春季 第 56 回応用物理学関係連合講演会(シンポジウム:ナノフォトニクスにおける

ナノ加工の最前線と理論基盤), 筑波大学, 2009 年 3 月 30 日.

29. 上田皖亮(早大): カオス現象の発見とその影響, 第 58 回理論応用力学講演会 (NCTAM2009) 特別講演 3, 2009.06.11
30. 大石 進一(早大): 浮動小数点数の無誤差変換と応用, 2009 年度数値解析研究集会, 長野(2009/9/1-3).
31. 成瀬 誠: 新世代光ICTを拓くナノフォトニックシステムの最前線ー超高集積化と光セキュリティ、かわさきサイエンス&テクノロジーフォーラム 2009 (川崎市 2009.11.18)
32. 塚田捷(東北大)、「界面の科学 金属(半導体)有機分子界面、固液界面、ナノ物質界面の性質と界面現象」第56回応用物理学関係連合講演会シンポジウム X線・中性子線による埋もれた界面研究の最前線 2009. 3. 31
33. 塚田捷(東北大)、「界面科学への理論的アプローチ」埋もれた界面のX線・中性子解析に関するワークショップ、筑波大学東京キャンパス(秋葉原) 2009. 7. 13-14
34. 塚田捷(東北大)、「SPM の理論とロードマップ点検」学振 167 委員会 第55回研究会「SPM と関連技術の未来予想 SPM ロードマップ 2010-2011 に向けて」 桐生地域地場産業振興センタ 2009. 7.23-24
35. 塚田捷(東北大)、「単分子エレクトロニクスのさらなる展開に向けて 実験と理論の課題」2009 年秋季第 70 回応用物理学学会学術講演会 シンポジウム「単分子エレクトロニクスの課題」富山大学 2009. 9.8
36. 塚田捷(東北大)、「非接触原子間力顕微鏡の理論的基礎とシミュレーション」表面科学会シンポジウム、2009.10.28
37. 小林 潔(山梨大院医工)，“光近接場ナノ加工とフォノンアシストの理論基盤,” 第 57 回応用物理学関係連合講演会, 東海大, 3 月 17-20 日, 2010.
38. 小林 潔(山梨大院医工)，“ナノフォトニクスの理論的背景と基礎,” レーザー学会東京支部セミナー『第 21 回若手技術者と学生のためのレーザー応用セミナー』, 慶應義塾大, 7 月 16 日, 2010.
39. 成瀬 誠(情報通信研究機構): 情報から見たナノフォトニクスの基本構造、独立行政法人日本学術振興会光エレクトロニクス第 130 委員会第 270 回研究会(東京、2010.1.14)
40. 成瀬 誠(情報通信研究機構)、堅 直也(東大)、大津元一(東大):階層型ナノフォトニックシステムとホログラム、平成 22 年第 1 回ホログラフィック・ディスプレイ研究会(宇都宮、2010.3.5)

(国際)

1. S. Oishi (Waseda Univ.): Numerical verification for solutions of finite dimensional sparse linear equations using iterative methods, Workshop on Numerical Analysis of Flow Problems and Validated Computations, NAGASAKI WASHINGTON HOTEL, Nagasaki, Japan, November 21, 2005.
2. M.Tsukada (Waseda Univ.), Theoretical Basis of Single Molecular devices, Third JSPS-DST Symposium on Surfaces and Interfaces for Nanostructured Materials, Univ. of Tokyo, Japan, 2005. Nov.10-11.
3. M.Tsukada (Waseda Univ.), Theoretical Bases of Single-Molecular Devices, The 5th Asia-Pacific Conference on Near-Field Optics (APNFO5), Niigata, Japan, 2005. Nov. 16.
4. M.Tsukada (Waseda Univ.), Theoretical Simulation of Scanning Probe Microscopy, COE Symposium on “Computational Nanoscience”, Tohoku Univ., 2006.2.17.
5. M.Tsukada (Waseda Univ.), K.Tagami(Waseda Univ.) and K.Mitsutake (Canon), Theory of quantum electron transport through molecular bridges, Electronic Structure and Processes of Molecular-Based Interface: In Relation to Organic and

- Molecular Devices (ESPMI-06), Nagoya Univ., 2006.3.3-4
6. M.Tsukada (Waseda Univ.), SPM Theories, 9th International Conference on Noncontact Atomic Force Microscopy (NC-AFM2006), International Conference Center Kobe, Kobe, Japan, 2006.Jul.16.
 7. M.Tsukada (Waseda Univ.), Basis of Theoretical Design of Molecular Functional Devices, 5th China International NanoScience and Technology Xi'an Symposium, Xi An, 2006.Sept.10-13.
 8. M.Tsukada(Waseda Univ.), Scanning Probe Microscopy and Molecular Devices -from theoretical view-, GRI Symposium I on Cluster Science, Nagoya, Toyota Commemorative Museum of Industry and Technology, 2006.Nov.7-9.
 9. H. Hori(山梨大), Function and fundamental processes of nano-optoelectronics devices, SPIE Optics+Photonics, San Diego, USA, August 2007.
 10. H. Hori(山梨大), Function and Fundamental Processes of Nano-Optoelectronics Devices, German-Japanese Symposium on Nanophotonics, Yonago, Japan, September 24-28, 2007.
 11. K. Kobayashi (東工大院理工), "Phonon's Role in a Light-Matter Interacting System on a Nanometer Scale," German-Japanese Symposium on Nanophotonics, Yonago, Japan, September 24-28, 2007.
 12. Y. Ueda (Waseda Univ.): "Ueda Colloquium", Center for Applied Dynamics Research, University of Aberdeen, 9 March 2007.
 13. Shin'ichi Oishi (Waseda Univ.): Fast and Accurate Dot Product Algorithm and its Applications to Verified Numerical Computation, The 3rd East Asia SIAM Conference, Xiamen, China (2007/11/2-5).
 14. M. Naruse(情報通信研究機構) and M. Ohtsu(東大): Hierarchy and energy dissipation in optical near-fields and their system applications, " SPIE Optics+Photonics, August 2007.
 15. M. Naruse(情報通信研究機構): System Approach to Nanophotonics for Information and Communications Applications, 日独ナノフォトニクスセミナー, pp. 52-53, September 2007.
 16. M.Tsukada (Waseda Univ.), Quantum transport of a molecular layer between the electrodes, International Symposium on Theories of Organic-Material Interfaces(ISTOMI'07), Osaka Univ., Japan, 2007.Jan.15-17.
 17. M. Tsukada(WasedaUniv.), K.Mitsutake(Canon), K.Tagami(Waseda Univ.), Coherent and non-Coherent Features of Electron Transport through Nano-Structures, FCSNT2007 Morito Memorial Hall, Tokyo University of Science, 2007 June 7.
 18. M.Tsukada (Waseda Univ.), Theoretical Simulation of Scanning Probe Microscopy and Molecular Bridges, ACSIN-9 Tokyo Univ., 2007 Nov. 2.
 19. H. Ito (Tokyo Institute of Technology), K. Yamamoto, T. Sato, "Deflecting, focusing, and detecting atoms using near-field light,"(invited), Nanometa 2007, Seefeld, January 11, 2007.
 20. H. Hori(山梨大), Configuration and evaluation of nano-optoelectronics devices and systems, SPIE Optics+Photonics, Plasmonics: Nanoimaging, Nanofabrication, and Their Applications IV, San Diego, USA, 7033-56, Aug. 14, 2008.
 21. H. Hori(山梨大), "Function and Fundamental Processes of Nano-Optoelectronics Devices and Systems," 2008 JSPS Japan-US Nanophotonics Seminar ,Miyazaki, 9.27, 2008.
 22. H.Hori(山梨大): Function and Fundamental Processes of Nano-Optoelectronics Devices and Systems, Technical Digest of Australia Japan Nanophotonics Workshop

- 2008 (Canberra, 2008.12.9)
23. T. Matsumoto(山梨大), “MBE growth and optical properties of ZnSe based DMS nanostructures,” Asia Core Workshop on Wide band gap Semiconductors, Seoul, Feb. 17-19. 2008.
 24. H. Hori(山梨大), Australia Japan Nanophotonics Workshop 2008, Canberra, Australia, 12.10, 2008.
 25. K. Kobayashi(東大院工), “Spin and Excitation Transfer driven by optical near fields,” Japan-US Nanophotonics Symposium, Miyazaki, Japan, September 23-26, 2008.
 26. Shin’ichi Oishi (Waseda Univ.): Iterative Refinement for Ill-Conditioned Linear Systems, International Workshop on Numerical Validation in Current Hardware Architectures at Dagstuhl Seminar, Germany (2008/1/7-11).
 27. Yoshisuke Ueda (Waseda Univ.): Dynamic Days Asia Pacific 5 (DDAP5), The international Conference on Nonlinear Science, Nara-Japan, Sep 9(Tue) – Sep 12 (Fri), 2008.
 28. Shin’ichi Oishi (Waseda Univ.): (Invited Plenary Talk) “Accurate and Fast Sum of Floating Point Numbers and Applications to Verification Algorithms” ,The 13th GAMM – IMACS International Symposium on Scientific Computing, Computer Arithmetic and Verified Numerical Computations, The University of Texas at El Paso on September 29 – October 3, 2008.
 29. M. Naruse(情報通信研究機構): Hierarchical Scaling in Nanophotonic Systems, Gordon Research Conference on Plasmonics (Tilton, 2008.7.30)
 30. W. Nomura(東大), T. Yatsui(東大), T. Kawazoe(東大), M. Naruse(情報通信研究機構), N. Tate(東大), and M. Ohtsu(東大): Unidirectional signal transfer in quantum-dot systems via optical nearfield interactions, SPIE Optics+Photonics (2008.8.12) Plasmonics: Metallic Nanostructures and Their Optical Properties VI, edited by M. I. Stockman, Proc. of SPIE, Vol. 7032, pp. 703215 1-10, 2008.
 31. N. Tate(東大), W. Nomura(東大), T. Yatsui(東大), M. Naruse(情報通信研究機構) and M. Ohtsu(東大): Hierarchical architectures based on optical near-field interactions, SPIE Optics+Photonics (2008.8.10) Plasmonics: Nanoimaging, Nanofabrication, and Their Applications IV, edited by S. Kawata, V. M. Shalaev, D. P. Tsai, Proc. of SPIE, Vol. 7033, pp. 703305 1-10, 2008.
 32. M. Naruse(情報通信研究機構): Hierarchical Architecture for Nanophotonics, 2008 Japan-US Nanophotonics Seminar, pp. 39-40 (Miyazaki, 2008.9.26)
 33. M. Naruse(情報通信研究機構): Hierarchical Scaling in Nanophotonics and its System Applications, Technical Digest of Australia Japan Nanophotonics Workshop 2008 (Canberra, 2008.12.10)
 34. M. Tsukada (Waseda Univ.), Theory of Scanning Probe Microscopy and Transport for Nano-Structures WPI&IFCAM Joint Workshop Challenge of Interdisciplinary Materials Science to Technological Innovation of the 21st Century, Tohoku Univ., 2008 Feb. 18.
 35. M. Tsukada (Waseda Univ.), Development of Theoretical Simulator of SPM, COST D41 WG4 Workshop AFM/STM imaging and manipulation of insulating surface and films, UCL London, 2008 April 17-18.
 36. M. Tsukada (Waseda Univ.), “Role of Theoretical Approaches for Surfaces, Interfaces and Nano-Structures, VASSCAA-4(4th Vacuum and Surface Sciences Conference of Asia and Australia), Matsu City, 2-8, Oct. 28-31, 2008.
 37. M. Tsukada (Waseda Univ.), “Theoretical Aspects of Scanning Probe Microscopy and Molecular Bridges”, International Symposium on Computational Science 2008

- (FCS2008) Nagoya, 2008 November 28.
38. K. Kobayashi(東大院工), “Dressing nature at the nanoscale inherent in optical near fields,” Multifunctional Nanoscale Materials for the 21st Century (MNM21), Argonne, US, March 6-7, 2009.
 39. K. Kobayashi(山梨大院医工), “Near-field optical phenomena at the nanoscale and their applications,” (Invited) Asian-Pacific Conference on Near Field Optics (APNFO-7), Jeju, Korea, November 25-27, 2009.
 40. Shin’ichi Oishi (Waseda Univ.): Applications of Error Free Transformations, International Workshop on Verified Numerical Computations and Related Topics, University of Karlsruhe, Germany, March 9, 2009.
 41. S. Oishi (Waseda Univ.): Numerical existence theorem for solutions of fixed point type equations and its applications, International Conference on Engineering and Computational Mathematics (ECM2009), The Hong-Kong Polytechnic University, Hong-Kong (2009/5/27-29).
 42. Y. Ueda (Waseda Univ.): At the time when broken egg appeared, Plenary lecture, The International Summer School “Advanced Problems in Mechanics”, St. Petersburg, Russia, June 30 – July 5, 2009.
 43. Y. Ueda (Waseda Univ.): At the very instant when the first temporal CHAOS was found”, Keynote presentation, 2nd International Symposium on Chaos Revolution in Science, Technology, and Society- From Discovery of Chaos to ICT Impacts on Society -, Udayana University, 14 December 2009.
 44. S. Oishi (Waseda Univ.), A. Takayasu (Waseda Univ.), T. Kubo (Univ. of Tsukuba): Numerical Verification Method for Nonlinear Differential Equations, The Joint Conference of ASCM2009 and MACIS2009, JAL Resort Sea Hawk Hotel, Fukuoka, Japan (2009/12/15).
 45. M. Naruse(情報通信研究機構): System architecture for nanophotonics, Technical Digest of Multifunctional Nanoscale Materials for the 21st Century, An International Symposium at The Center for Nanoscale Materials, Argonne National Laboratory, p. 65 (Argonne, 2009.3.7)
 46. M. Naruse(情報通信研究機構): System Architectures for Nanophotonics, Proceedings of the Sweden-Japan Workshop on Nanophotonics and Related Technologies, pp. 34-35 (Kista, 2009.6.30)
 47. M. Naruse(情報通信研究機構): System Architectures in Nanophotonics for Information and Communications Applications, VTT SYMPOSIUM 255, Finland-Japan Workshop on Nanophotonics and Related Technologies, pp. 64-66 (Espoo, 2009.7.2)
 48. M. Naruse(情報通信研究機構), N. Tate(東大), and M. Ohtsu(東大): System Architectures for Nanophotonics for Information and Communications Applications (invited), The 8th Pacific Rim Conference on Lasers and Electro-Optics (CLEO Pacific Rim 2009), WJ2-2 (Shanghai, 2009.9.2)
 49. M. Tsukada (Tohoku Univ.), “Theoretical Aspects of Scanning Probe Microscopy and Molecular Bridges” NanotechEurope, TU Berlin, GERMANY. 2009. 9.30.
 50. M. Tsukada (Tohoku Univ.), “Theory of Coherent vs Dissipative Electron Transport of Molecular Bridges” JSPS-KOSEF-NSFC. A3 Foresight Program Matsushima Seminar on Nanomaterials-sub-10nm Wires and Nano-structure, Matsushima, 2009. 11. 15-18.
 51. M. Tsukada (Tohoku Univ.), “Theory of Coherent and Dissipative Transport of Electrons and Excitons through Molecular Junctions”, The 7th Asia-Pacific Conference on Near-Field Optics (APNFO-7), International Convention Center,

- Juju Island, KOREA. 2009. 11. 25-27
52. M.Tsukada (Tohoku Univ.), “Theoretical Approaches for the Analyses of Scanning Probe Microscopy”, Tutorial talk at 7th International Symposium on Atomic Level Characterizations for New Materials and Devices ‘09 (ALC ’09), Maui, Hawaii, USA. 2009. 12. 6-11.
 53. H. Hori (山梨大), “Experimental and Theoretical Studies on Fundamental Processes and Hierarchical Properties of Nano-Optoelectronics Systems,” 11th international Conference on Near-field Optics, Nanophotonics & Related Techniques, Peking, August 29-September 2, 2010.
 54. K. Kobayashi(山梨大院医工), “Excitation transfer and collective phenomena via optical near-field couplings and local environments,” The 3rd German-Japanese Seminar on Nanophotonics, Ilmenau, Germany, September 26-29, 2010.
 55. Y. Ueda (Waseda Univ.): Origin of Chaos Research in Asia, Opening Memorable Colloquium, Center for Nonlinear Dynamics Research, Harbin Institute of Technology, 2010 May 10.
 56. Y. Ueda (Waseda Univ.): Origin of Chaos Research in Asia”, Keynote Lecture, Proceedings of the Third International Conference on Dynamics, Vibration and Control, p. 13, Hangzhou, China, Edited by Chinese Society of Theoretical and Applied Mechanics, 2010 May 12-14.
 57. Y. Ueda (Waseda Univ.): Origin of Experimental Chaos Research, Invited Special Lecture, School of Aerospace Engineering and Applied Mechanics, Tongji University, 2010 May 17.
 58. Y. Ueda (Waseda Univ.): Broken Egg Phenomenon Was Identified to the First Experimental Data of Chaos, Special Session 3, Abstracts, Dynamics of Chaotic and Complex Systems, p. 26, 2010 May 25-28, Dresden, The 8th AIMS, Dresden University of Technology.
 59. Y. Ueda (Waseda Univ.): How chaos was born?, Special lecture, 29 July 20.30-20.45, IUTAM Symposium, 27-30 July 2010, Aberdeen, UK, Nonlinear Dynamics for Advanced Technologies and Engineering Design.
 60. Y. Ueda (Waseda Univ.): At the Very Instant when the Author Came Across an Inexperienced Behavior--- Actual Random Phenomena (CHAOS) obtained by our Hand-Made Analog Computer ---, Plenary presentation, The 3rd International Conference “NONLINEAR DYNAMICS-2010”, National Technical University “Kharkov Polytechnical Institute” Kharkov, Ukraine, 21-24 September, 2010
 61. M. Naruse(情報通信研究機構), N. Tate(東大), and M. Ohtsu(東大): Information theoretical aspects in nanophotonics, SPIE Optics + Photonics 2010, Paper 7757-75 (San Diego, 2010.8.5)

②口頭発表 (国内会議 130 件、国際会議 101 件)
(国内)

1. 田邊國士(早大): 行列の分解の反復改良法(Iterative Improvements of Various Factorizations of a Matrix), 京都大学数理解析研究所共同研究集会「計算科学の基盤技術とその発展」(2005/11/30)
2. 荻田武史(JST), S. M. Rump(ハンブルク工科大学), 大石進一(早大): 浮動小数点演算による高速高精度なベクトルの総和及び内積計算法, 研究集会「計算科学の基盤技術とその発展」, 京大数理解析研究所 (2005/11/30-12/2)
3. ZnMnSe 細線埋め込み ZnCdSe/ZnSe SQW の PL 特性、伊藤雅大、田島崇正、村中司(山梨大学)、鍋谷暢一(山梨大学)、加藤孝正、松本俊(山梨大学)、第 67 回応

- 用物理学会学術講演会、2006 年 8 月 29 日－9 月 1 日、立命館大、30p-ZF-10
4. ZnTe 基板上に成長した ZnTe:O の光吸収特性、源馬和明、青木和正、鍋谷暢一(山梨大学)、村中司(山梨大学)、加藤孝正、松本俊(山梨大学)、第 67 回応用物理学会学術講演会、2006 年 8 月 29 日－9 月 1 日、立命館大、30p-ZF-3
 5. 透明導電性 ZnO 薄膜における Ga ドープ効果、植原琢、阪野竜巳、村中司(山梨大学)、鍋谷暢一(山梨大学)、秋津哲也、加藤孝正、松本俊(山梨大学)、萩原茂、阿部治、平木哲、藤川雄一郎、第 67 回応用物理学会学術講演会、2006 年 8 月 29 日－9 月 1 日、立命館大、31p-ZE-11
 6. In ドロップレットを利用した GaAs 基板上への ZnO ナノ構造の成長、伊東史佳、筒井弘樹、鍋谷暢一(山梨大学)、村中司(山梨大学)、加藤孝正、松本俊(山梨大学)、第 67 回応用物理学会学術講演会、2006 年 8 月 29 日－9 月 1 日、立命館大、1p-ZE-3。
 7. ZnTe:O の酸素クラスターにより形成される局在準位の発光と光吸収、源馬和明、青木和正、鍋谷暢一(山梨大学)、村中司(山梨大学)、加藤孝正、松本俊(山梨大学)、第 54 回応用物理学関係連合講演会、2007 年 3 月 27－30 日、青山学院大、28p-T-5。
 8. バンドギャップよりも小さいエネルギーの励起光を用いた ZnTe:O の Photoreflectance、鍋谷暢一(山梨大学)、青木和正、源馬和明、村中司(山梨大学)、加藤孝正、松本俊(山梨大学)、第 54 回応用物理学関係連合講演会、2007 年 3 月 27－30 日、青山学院大、28p-T-6。
 9. ZnTe:O への窒素ドープとその光学的、電気的特性評価、青木和正、中田喬章、源馬和明、鍋谷暢一(山梨大学)、村中司(山梨大学)、加藤孝正、松本俊(山梨大学)、第 54 回応用物理学関係連合講演会、2007 年 3 月 27－30 日、青山学院大、28p-T-7。
 10. 磁性/非磁性 DQW の磁気 PL の偏光特性、伊藤雅大、田島崇正、大森健太、村中司(山梨大学)、鍋谷暢一(山梨大学)、加藤孝正、松本俊(山梨大学)、第 54 回応用物理学関係連合講演会、2007 年 3 月 27－30 日、青山学院大、28p-T-13。
 11. ZnCdSe/ZnSe 量子井戸発光の偏光特性、田島崇正、伊藤雅大、大森健太、児玉和樹、村中司(山梨大学)、鍋谷暢一(山梨大学)、加藤孝正、松本俊(山梨大学)、第 54 回応用物理学関係連合講演会、2007 年 3 月 27－30 日、青山学院大、28p-T-14。
 12. 分子線堆積法により成長した ZnO 薄膜の構造解析、山梨大、村中司(山梨大学)、植原琢、阪野竜巳、鍋谷暢一(山梨大学)、秋津哲也、加藤孝正、松本俊(山梨大学)、萩原茂、阿部治、平木哲、藤川雄一郎、第 54 回応用物理学関係連合講演会、2007 年 3 月 27－30 日、青山学院大、28p-ZN-12。
 13. 田中裕二(東工大院理工)、小林潔(東工大院理工)、「局在フォノンを介した 1 次元上の近接場光のモデル化」ナノオプティクス研究グループ第 15 回研究討論会、浜松市、2006 年 7 月 20-21 日。
 14. 田中裕二(東工大院理工)、小林潔(東工大院理工)、「1 次元分子鎖上の近接場相互作用と局在フォノン励起」秋季物理学会、千葉大学、2006 年 9 月 23-26 日、26aWH9。
 15. 尾崎 克久(早大)、萩田 武史(JST)、大石 進一(早大): 高精度内積計算の計算幾何学への応用、第 3 回計算数学研究会、兵庫県立淡路夢舞台国際会議場(2006/1/5-7)
 16. 萩田 武史(JST)、S. M. Rump(ハンブルク工科大学)、大石 進一(早大): 高速かつ高精度な内積計算法、第 3 回計算数学研究会、兵庫県立淡路夢舞台国際会議場(2006/1/5-7)
 17. 尾崎 克久(早大)、萩田 武史(JST)、S. M. Rump(ハンブルク工科大学)、大石 進一(早大): 入力誤差を含む点と平面の位置関係を判定する高速なアルゴリズム、

平成 18 年日本応用数理学会研究部会・連合発表会, 早稲田大学 理工学部 (2006/3/4-5)

18. 荻田 武史(JST): 高速・高精度な内積計算法, 21 世紀 COE プログラム「プロダクティブ ICT アカデミアプログラム」春季シンポジウム, 早稲田大学理工学部 (2006/3/30)
19. 宮島 信也(早大), 荻田 武史(JST), 大石 進一(早大): 実対称行列の各固有対の精度保証付き計算法, 平成 18 年日本応用数理学会研究部会・連合発表会, 早稲田大学 理工学部 (2006/3/4-5)
20. 成瀬 誠(情報通信研究機構), 井上哲也(山梨産大), 堀 裕和(山梨大), 光近接場における相関距離の制御: ナノ粒子系における光励起移動の解析, 2006 年秋季第 67 回応用物理学会学術講演会(滋賀 2006.8.31)
21. 小野一善(東工大), 近藤栄一郎, 八井 崇, 伊藤治彦, 2軸型 Bow-tie 原子トラップの作製と近接場光分布の数値評価, 応用物理学会, 東京, 22a-C-10, 2006 年 3 月
22. 佐藤知広(東工大), 山本和広, 伊藤治彦, Line&Space 上に誘起したエバネッセント光を用いる高空間分解能原子検出器, 応用物理学会, 東京, 22a-C-11, 2006 年 3 月
23. 田中裕二(東工大院理工), 小林潔(東工大院理工), 「局在フォノンと相互作用する近接場光のモデル化」春季物理学会, 鹿児島大学, 2007 年 3 月 18-21 日, 21pZB-6.
24. 佐藤新(東工大院理工), 田中裕二(東工大院理工), 南不二雄(東工大院理工), 小林潔(東工大院理工), “光近接場プローブの2次元格子モデル,” ナノオプティクス研究グループ第16回研究討論会, 神戸大, 2007 年 7 月 13-14 日.
25. 佐藤新(東工大院理工), 田中裕二(東工大院理工), 南不二雄(東工大院理工), 小林潔(東工大院理工), “2次元格子プローブモデルにおけるフォノンと相互作用する近接場光,” 秋季物理学会, 北海道大, 2007 年 9 月 21-24 日.
26. 山中 脩也(早大), 荻田 武史(JST), 大石 進一(早大): 誤差項に多重階微分を含む数値積分則の複素解析を用いた精度保証法, 平成 20 年日本応用数理学会研究部会連合発表会, 首都大学東京 (2007/3/8-9).
27. 尾崎 克久(早大), 荻田 武史(JST), 大石 進一(早大): 区間幅の過大評価を抑える行列乗算の包み込みについて, 平成 20 年日本応用数理学会研究部会連合発表会, 首都大学東京 (2007/3/8-9).
28. 荻田 武史(JST), S. M. Rump(ハンブルク工科大学), 大石 進一(早大): 疎行列とベクトルの高速・高精度な乗算について, 平成 20 年日本応用数理学会研究部会連合発表会, 首都大学東京 (2007/3/8-9).
29. 齊藤郁夫(公立はこだて未来大学): シンプレクティックFDTD法の位相特性の評価, 応用数理学会, 北海道大学(北海道札幌市), 2007 年5月 25 日
30. 尾崎 克久(早大), 荻田 武史(JST), 大石 進一(早大): 連立一次方程式に対する精度保証法の自動選択について, 第 36 回 数値解析シンポジウム, ウェルシティ湯河原(湯河原厚生年金会館), 熱海市 (2007/6/21)
31. 宮島 信也(早大), 荻田 武史(JST), Siegfried M. Rump (ハンブルク工科大学), 大石 進一(早大): 実対称正定値一般化固有値問題におけるすべての固有対の精度保証, 第 36 回 数値解析シンポジウム, ウェルシティ湯河原(湯河原厚生年金会館), 熱海市 (2007/6/21).
32. 山中 脩也(早大), 荻田 武史(JST), 大石 進一(早大), 山本哲朗(早大): ロンバーク積分を利用した精度保証付き自動積分法, 第 36 回 数値解析シンポジウム, ウェルシティ湯河原(湯河原厚生年金会館), 熱海市 (2007/6/21).
33. 荻田 武史(JST), 尾崎 克久(早大), 大石 進一(早大): 行列式の高速精度保証法, 第 26 回 日本シミュレーション学会大会, 東京工業大学, 横浜市 (2007/6/22).

34. 尾崎 克久(早大), 荻田 武史(JST), 大石 進一(早大): 点と直線の位置関係の高速かつ適応的な精度保証法について, 第 26 回 日本シミュレーション学会大会, 東京工業大学, 横浜市 (2007/6/22).
35. 宮島 信也(早大), 荻田 武史(JST), 大石 進一(早大): 最小二乗問題における数値解の高速な精度保証法, 第 26 回 日本シミュレーション学会大会, 東京工業大学, 横浜市 (2007/6/22).
36. 大石 進一(早大): ベッセル関数の精度保証付き数値計算法, 日本応用数理解析学会年会, 札幌市 (2007/9/15-16).
37. 小笠原 義仁(早大), 北田 韶彦(早大), 山本 知之(早大): 弱い自己相似集合からのグラフの逐次形成, 日本数学会, 東北大学(2007/9/22).
38. 荻田 武史(JST), S. M. Rump(ハンブルク工科大学), 大石 進一(早大): 大規模疎行列の正定値性の精度保証, 研究集会「計算科学の基盤技術としての高速アルゴリズムとその周辺」(代表者: 張 紹良), 京都大学数理解析研究所 (2007/11/14-16).
39. 尾崎 克久(早大), 荻田 武史(JST), S. M. Rump(ハンブルク工科大学), 大石 進一(早大): 計算幾何学に現れる行列式の符号に対する高速精度保証法, 研究集会「計算科学の基盤技術としての高速アルゴリズムとその周辺」(代表者: 張 紹良), 京都大学数理解析研究所 (2007/11/14-16).
40. 上田 皖亮(早大), 小松高廣(公立はこだて未来大学), 由良文孝(公立はこだて未来大学), 上野嘉夫(公立はこだて未来大学): 非線形パラメータ励振系におけるカオスと散逸エネルギー ~ 中性点反転現象をモデルとして ~, 電子情報通信学会 非線形問題研究会 NLP2007-122, pp.11-16 (2007.12.20)
41. 成瀬 誠(情報通信研究機構), 堀 裕和(山梨大), 小林 潔(山梨大), 大津元一(東大), 近接場光相互作用に基づいた励起移動型デバイスの耐タンパー性, 2007 年春季第 54 回応用物理学関係連合講演会
42. 成瀬 誠(情報通信研究機構): ナノフォトンクスによる階層的な光システム, IP2008 プレミエーティング 2007
43. 成瀬 誠(情報通信研究機構), 八井 崇(東大), 北村 心(東大), 堀 裕和(東大), 大津元一(東大): 近接場光相互作用を用いた微小スケール及びフラクタル構造の生成, 2007 年秋季応用物理学学会学術講演会
44. 塚田捷(早大), 田上勝規(早大), 高垣 (東工大), AFM 探針によるタンパク質 GFP の圧縮と蛍光消失のシミュレーション, 日本物理学会 2007 年春季大会, 鹿児島大学 郡元キャンパス, 2007.3.18-21
45. 塚田捷(早大), 光武邦寛(キャンノン), 分子ブリッジにおける IV 特性の理論解析: キャリアー分子振動カップリングの効果, 日本物理学会 2007 年春季大会, 鹿児島大学, 2007.3.18-21
46. 佐藤峰斗(東工大), 永井宏宜, 伊藤治彦, 原子のナノフォーカシングのための近接場光レンズの開発, 第 54 回応用物理学関係連合講演会, 青山学院大学, 2007 年 3 月 29 日
47. 佐藤峰斗(東工大), 伊藤治彦, 近接場光レンズによる原子収束の数値シミュレーション, 第 68 回応用物理学学会学術講演会, 北海道工業大学, 2007 年 9 月 7 日
48. 佐藤新(東工大院理工), 南不二雄(東工大院理工), 小林潔(東工大院理工), 堀祐和(山梨大院医工), “光近接場相互作用に特有の励起移動とスピン偏極,” 春季応用物理学学会, 日大理工学部, 2008 年 3 月 27-30 日.
49. 田中良昌(国立極地研究所), 麻生武彦(国立極地研究所), 田邊國士(早大), Bjorn Gustavsson(Univ. of Tromso), 門倉昭(国立極地研究所), 小川泰信(国立極地研究所), “一般化オーロラトモグラフィの数値シミュレーション”, 「電離圏・磁気圏のリモートセンシングデータとモデルの結合」, 国立極地研究所 (2008/1/18)
50. 小笠原 義仁(早大), 山本 知之(早大), 北田 韶彦(早大): 弱い自己相似集合か

ら逐次形成されるグラフの諸性質, 日本数学会, 近畿大学 (2008/3/23).

51. 大石 進一(早大): 悪条件連立一次方程式に対する残差反復法, 電子情報通信学会非線形問題研究会, 神戸 (2008/3/27).
52. 大森健太、中村和史、田島崇正、村中司、鍋谷暢一、加藤孝正、松本俊: 磁性半導体を含む ZnSe 系量子構造の光学特性、第 55 回応用物理学関係連合講演会、2008 年 3 月 27-30 日、日本大学、船橋、28p-ZC-13。
53. 大森健太(山梨大学)、中村和史(山梨大学)、村中司(山梨大学)、鍋谷暢一(山梨大学)、松本俊(山梨大学)、ZnCdSe-ZnMnSe 細線系の MBE 成長と磁気光学特性、多元系機能材料研究会 ICTMC-16 に向けた研究会、東京理科大学、東京、2008 年 8 月 22 日。
54. 児玉和樹(山梨大学)、大森健太(山梨大学)、深沢左興(山梨大学)、村中司(山梨大学)、鍋谷暢一(山梨大学)、松本俊(山梨大学)、ZnSe系結合DQW構造のXRD評価、第 69 回応用物理学学術講演会、中部大学、春日井、4p-CF-4、2008 年 9 月 4 日。
55. 大森健太(山梨大学)、児玉和樹(山梨大学)、菱川正夫(山梨大学)、深沢左興(山梨大学)、村中司(山梨大学)、鍋谷暢一(山梨大学)、松本俊(山梨大学)、Zn-Cd-Mn-Se 系結合 DQW 構造の励起子トンネリング、多元系機能材料研究会 2008 年度年末講演会、長岡技術科学大学、長岡、2008 年 11 月 15 日。
56. Zn-Mn-Cd-Se 系 2 重量子井戸の構造評価、深澤左興、菱川正夫、児玉和樹、大森健太、村中 司、鍋谷暢一、松本 俊、第 56 回応用物理学関係連合講演会、筑波大学、つくば、30p-J-10、2009 年 3 月 30 日
57. GaAs 加工基板上への ZnSe 系量子ナノ構造の MBE 成長、村中 司、飯塚 傑、杉本一馬、児玉和樹、大森健太、鍋谷暢一、松本 俊、第 56 回応用物理学関係連合講演会、筑波大学、つくば、 30p-J-11、2009 年 3 月 30 日
58. 化学エッチングにより形成した ZnSe 系希薄磁性半導体細線アレイの光学特性、飯塚 傑、杉本一馬、児玉和樹、大森健太、村中 司、鍋谷暢一、松本 俊、第 56 回応用物理学関係連合講演会、筑波大学、つくば、30p-J-12、2009 年 3 月 30 日
59. 内山 和治、花輪 秀仁、久保田 悟、坂本 貴仁、瀧澤 正則、成瀬 誠、堀 裕和、近接場光相互作用の階層性の金ナノロッド系における実験的検証、2009 年春季 第 56 回応用物理学関係連合講演会、筑波大学、つくば市、31a-H-7、2009 年 3 月 31 日。
60. 齊藤郁夫 (公立はこだて未来大学)「Riemann-Silberstein ベクトルによる Maxwell 方程式の定式化について」日本シミュレーション学会第 27 回年会、2008 年 6 月 19 日
61. 齊藤郁夫 (公立はこだて未来大学)「FDTD 法の拡張方法について」ナノ光シミュレーション研究会、2008 年 8 月 24 日
62. 小笠原義仁(早大)、山本知之(早大)、北田韶彦(早大)「ある一般化されたカオスの性質について」日本物理学会、岩手大学、2008 年 9 月 21 日
63. 小笠原義仁(早大)、山本知之(早大)、北田韶彦(早大)「自己相似集合の内部構造について」日本数学会、東京工業大学、2008 年 9 月 26 日
64. 小笠原義仁(早大)、北田韶彦(早大)「デンドライトの無限列の形成」トポロジーシンポジウム、高崎経済大学、2008 年 12 月 18 日
65. 杉山博紀(東大)、成瀬 誠(情報通信研究機構)、堅 直也(東大)、八井 崇(東大)、川添 忠(東大)、大津元一(東大): ナノ構造体間の近接場光相互作用によるファーフールド制御、第69回応用物理学学会学術講演会(春日井市 2008.9.4)
66. 塚田捷(早大)、大塚勇太(早大)、ポリアセンおよびペンタセン誘導体の結晶構造とバンド構造日本物理学会秋季大会 2008年9月22日
67. 根城均(物質材料研究機構)、5CB 液晶分子配位パラジウムナノ粒子の動的挙動観察、ナノ学会、福岡市、2008年5月7日

68. 根城均(物質材料研究機構), 5CB 液晶分子配位パラジウムナノ粒子の動的挙動の AFM による観察, 山口東京理科大学, 山口, 2008 年 5 月 9 日
69. 根城均(物質材料研究機構), 同時分光可能な内視鏡手術装置の実用化, 第 2 回 ナノテクノロジープラン発表会, 東京, 2008 年 9 月 9 日
70. 川添 忠(東大院工), 藤原 弘康, 小林 潔(東大院工), 大津 元一(東大院工), “近接場光を用いた色素微結晶群の赤外光励起による可視発光の励起強度依存性,” 第 56 回応用物理学関係連合講演会, 筑波大、3 月 30 日—4 月 2 日, 2009.
71. 八井 崇(東大院工), 三宮 俊, 小林 潔(東大院工), 川添 忠(東大院工), J. Yoo, G.-C. Yi, 大津 元一(東大院工), “酸化亜鉛ナノロッド多重量子井戸における近接場光相互作用による発光制御,” 第 56 回応用物理学関係連合講演会, 筑波大、3 月 30 日—4 月 2 日, 2009.
72. 齊藤郁夫 (公立はこだて未来大学)「Implicit Symplectic FDTD法の近接場光シミュレーションへの応用にむけて」日本シミュレーション学会 2009 年度年会, 芝浦工大, 2009 年 1 月 11-13 日.
73. 大石 進一(早大), 西 哲生(早大), 中谷 祐介(早大): 線形抵抗回路の動作点の数値的精度保証法 電子情報通信学会非線形問題研究会, ホテルマリックス(宮崎), 2009 年 1 月 23 日.
74. 西 哲生(早大), 大石 進一(早大), 中谷 祐介(早大): 行列式が 1 の 3 次整数行列の 1 生成法 電子情報通信学会回路とシステム研究会, ホテルマリックス(宮崎), 2009 年 1 月 23 日.
75. 小笠原義仁(早大), 北田韶彦(早大)「自己相似集合の他の自己相似集合への埋め込み」日本数学会, 東京大学, 2009 年 3 月 27 日
76. 南畑 淳史(早大), 尾崎 克久(早大), 荻田 武史(東京女子大), 大石 進一(早大): マルチプロセスを用いた連立一次方程式の精度保証法の実装, 第 28 回 日本シミュレーション学会大会, 芝浦工業大学, 豊洲キャンパス, 2009 年 6 月 13 日.
77. 尾崎 克久(早大), 荻田 武史(東京女子大), 大石 進一(早大): Level 3 BLAS を用いた高精度な行列積に対する事前誤差評価, 第 38 回 数値解析シンポジウム, 熱川ハイツ, 静岡県賀茂郡, 2009 年 6 月 15-17 日.
78. 山中脩也(早大), 岡山友昭(一橋大), 大石 進一(早大), 荻田 武史: 精度保証理論を用いた DE 公式の高速数値積分計算, 第 38 回 数値解析シンポジウム, 熱川ハイツ, 静岡県賀茂郡, 2009 年 6 月 15-17 日.
79. 高安亮紀(早大), 大石進一(早大), 久保隆徹(筑波大): 線形 2 点境界値問題の精度保証付き数値計算法, 第 38 回 数値解析シンポジウム, 熱川ハイツ, 静岡県賀茂郡, 2009 年 6 月 15-17 日.
80. 高安亮紀(早大), 大石進一(早大), 久保隆徹(筑波大): 常微分方程式の精度保証付き誤差評価法, 2009 年度数値解析研究集会, 長野, 2009 年 9 月 1-3 日.
81. 齊藤郁夫(公立はこだて未来大学), Implicit Symplectic FDTD 法のナノ光工学への応用にむけて, 日本シミュレーション学会, 芝浦工業大学(東京江東区), 2009 年 6 月 11 日
82. 小笠原義仁(早大), 北田韶彦(早大)「ある一般化されたカオスの性質について II」日本物理学会, 熊本大学黒髪キャンパス, 2009 年 9 月 26 日
83. 北田韶彦(早大), 小笠原義仁(早大)「On hierarchic internal structures of a self-similar set」日本数学会, 大阪大学豊中キャンパス, 2009 年 9 月 26 日
84. 高安亮紀(早大), 大石進一(早大), 久保隆徹(筑波大): 非線形 2 点境界値問題の精度保証付き数値計算法, 平成 21 年応用数理学会年会, 大阪大学, 豊中キャンパス(2009/9/28-30).
85. 山中脩也(早大), 大石進一(早大), 荻田武史(東京女子大): 周回積分の精度保証付き自動積分法, 平成 21 年応用数理学会年会, 大阪大学, 豊中キャンパス(2009/9/28-30).

86. 尾崎克久(早大), 荻田武史(東京女子大), 大石進一(早大): Level 3 BLAS を用いた 4 倍精度の行列積について, 平成 21 年応用数理学会年会, 大阪大学, 豊中キャンパス(2009/9/28-30).
87. 尾崎克久(早大), 荻田武史(東京女子大), 大石進一(早大): 凸包の構成に対する精度保証付き数値計算の利用, 平成 21 年応用数理学会年会, 大阪大学, 豊中キャンパス(2009/9/28-30).
88. 上田皖亮(早大): 時間遅れを持つ系の 2 個の定常状態を分ける根源集合の局所的性質—数値実験に基づく—考察—, 日本応用数理学会 2009 年度講演予稿集 pp.359-362 (2009.9.28-30)
89. 上田皖亮(早大): 無限大母線を考慮しない電力系統モデルの根源集合, 日本応用数理学会 2009 年度講演予稿集 pp.365-366 (2009.9.28-30)
90. 高安亮紀(早大), 大石進一(早大), 久保隆徹(筑波大): 非線形関数方程式の精度保証付き数値計算, 非線形問題研究会(NLP), 屋久島環境文化村センター, 鹿児島 (2009/11/11).
91. 山中脩也(早大), 大石進一(早大), 荻田武史(東京女子大): ロンバーク積分法を利用した精度保証付き自動積分法, 加速法ワークショップ, 東京女子大学, (2009/11/27).
92. 山中脩也(早大), 大石進一(早大), 荻田武史(東京女子大): "数値積分の精度保証 高速な精度保証付き自動積分アルゴリズムの提案", 日本応用数理学会 3 部会連携応用数理セミナー, 国立情報学研究所 (2009/12/7).
93. 尾崎 克久(早大), 荻田 武史(東京女子大), 大石 進一(早大): 計算幾何学のエラーフリーアルゴリズム, 日本応用数理学会 3 部会連携応用数理セミナー, 国立情報学研究所 (2009/12/7).
94. 尾崎 克久(早大), 荻田 武史(東京女子大), 大石 進一(早大): 2 次元の凸包に関する精度保証付き数値計算, 第 3 回 63 号館 HRC シンポジウム「材料・デバイス・システム連携と次世代通信社会」, 早稲田大学 (2009/12/12).
95. 高安亮紀(早大), 大石進一(早大), 久保隆徹(筑波大): 線形 2 点境界値問題の有限要素解に対する精度保証付き数値計算法, 京都大学数理解析研究所 RIMS 研究集会「数値解析と数値計算アルゴリズムの最近の展開」, 京大会館, 京都 (2009/12/15).
96. 成瀬 誠(情報通信研究機構): ICTの新しい基盤アーキテクチャを目指して、光システムアーキテクチャワークショップ(東京 2009.1.19)
97. 成瀬 誠(情報通信研究機構)、堅 直也(東大)、堀 裕和(山梨大)、小林 潔(山梨大)、大津元一(東大): 階層型ナノ光システムにおける相互情報量の分析、第70回応用物理学会学術講演会(富山市 2009.9.8)
98. 成瀬 誠(情報通信研究機構)、野村 航(東大)、川添 忠(東大)、大津元一(東大): 近接場光相互作用による光励起移動のための最適量子ドット混在比、第70回応用物理学会学術講演会(富山市 2009.9.8)
99. 堅 直也(東大)、成瀬 誠(情報通信研究機構)、大津元一(東大): ナノフォトニクスにおける空間並列情報読み出しと性能評価、日本光学会年次学術講演会 Optics & Photonics Japan 2009(新潟市、2009.11.24)
100. 田村宏之、「導電性高分子界面における超高速エキシトン電荷分離」 日本物理学会, 立教大学, 2009 年 3 月 27 日
101. 田村宏之、「導電性高分子中のエキシトン電荷分離の量子動力学的研究」 理論化学討論会, 東京大学, 2009 年 5 月 29 日
102. 根城均(物質材料研究機構), メゾスコピックホールにより制御されたポルフィリン分子の光物性, ナノ学会第7回大会, 2009年5月9-11日
103. 山田俊吾(東工大), 伊藤治彦, 中空ビームを用いた原子ファネル, 第 56 回応用物理学会関係連合講演会, 筑波大学, つくば市, 31a-H-11, 2009 年 3 月 31 日

104. 浅見貴志(東工大), 伊藤治彦, レーザー冷却原子のスピン偏極: スピンクラスター形成に向けて, 第 56 回応用物理学会関係連合講演会, 筑波大学, 1p-TE-1, 2009 年 4 月 1 日
105. 小野健二(東工大), 伊藤治彦, ナノスリットにおける近接場光誘起: 数値シミュレーション, 第 56 回応用物理学会関係連合講演会, 筑波大学, 1p-H-6, 2009 年 4 月 1 日
106. 内山 和治, 久保田悟, 成瀬 誠, 松本 俊, 小林 潔, 堀 裕和, 「希釈磁性半導体量子井戸の磁場依存近接場発光特性」, 第 19 回ナノオブティクス研究討論会, 2010 年 7 月 15-16 日.
107. 内山 和治, 久保田悟, 是澤太郎, 櫻本泰浩, 成瀬 誠, 松本 俊, 小林 潔, 堀 裕和, 「希釈磁性半導体量子井戸の磁場依存近接場発光特性」, 第 71 回応用物理学会学術講演会, 長崎, 16a-NK-9, 2010.9.16.
108. 岩崎文昭, 菱川正夫, 深澤左興, 村中司, 鍋谷暢一, 松本俊, 「Zn-Cd-Mn-Se 系 DQW の光学特性と構造評価」, 第 71 回応用物理学会学術講演会, 長崎, 14p-ZT-6, 2010.9.14.
109. 堀井貴大, 佐野志保, 村中司, 鍋谷暢一, 松本俊, 平木哲, 古川英明, 深沢明広, 阪本慎吾, 萩原茂, 河野裕, 木島一広, 阿部治, 八代浩, 「低温成長 Ga ドープ ZnO 薄膜 (1) - 電気的特性 -」, 第 71 回応用物理学会学術講演会, 長崎, 14p-ZT-9, 2010.9.14.
110. 佐野志保, 堀井貴大, 村中司, 鍋谷暢一, 松本俊, 平木哲, 古川英明, 深沢明広, 坂本慎吾, 萩原茂, 河野裕, 木島一広, 安部治, 八代浩二, 「低温成長 Ga ドープ ZnO 薄膜(2)-X 線回折特性-」, 第 71 回応用物理学会学術講演会, 長崎, 14p-ZT-10, 2010.9.14.
111. 大石進一(早大): 非線形楕円型偏微分方程式の精度保証法, 徳島大学講演会, 徳島大学(2010/2/12).
112. 尾崎 克久(早大), 荻田 武史(東京女子大), 大石 進一(早大): 点と直線の位置関係の判定問題に関するフィルターに関する考察, 応用数理に関する愛媛ワークショップ「数値計算の数理と精度保証」, 愛媛大学 (2010/2/21-22)
113. 山中脩也(早大), 大石進一(早大), 荻田武史(東京女子大): 高速な精度保証付き自動積分における丸め誤差の事前誤差評価アルゴリズムに関する考察, 応用数学に関する愛媛ワークショップ「数値計算の数理と精度保証」, 愛媛大学 (2010/2/21-22)
114. 大石進一(早大), 高安亮紀(早大), 久保隆徹(筑波大): 非線形楕円型偏微分方程式の精度保証 I, 平成 22 年応用数理学会, 研究部会連合発表会, 筑波大学 (2010/3/8-9).
115. 尾崎 克久(早大), 荻田 武史(東京女子大), 大石 進一(早大): 高速かつ支配的な半径を考慮した実区間行列の積について, 平成 22 年応用数理学会, 研究部会連合発表会, 筑波大学 (2010/3/8-9).
116. 山中脩也(早大), 大石進一(早大): 境界要素法を用いた線形二点境界値問題の精度保証付き数値計算法, 平成 22 年応用数理学会, 研究部会連合発表会, 筑波大学 (2010/3/8-9).
117. 高安亮紀(早大), 大石進一(早大), 久保隆徹(筑波大): Sturm-Liouville 型 2 点境界値問題の精度保証付き数値計算, 平成 22 年応用数理学会, 研究部会連合発表会, 筑波大学 (2010/3/8-9).
118. 斉藤郁夫(公立はこだて未来大学), 成瀬誠(NICT): 陰的シンプレクティック FDTD 法の近接場光シミュレーションへの応用, 2010 年春季 第 57 回応用物理学関係連合講演会, 3 月 17 日-20 日, 神奈川県, 東海大学湘南キャンパス
119. 小笠原義仁(早大), 北田韶彦(早大) 「ある一般化されたカオスの性質について III」 日本物理学会, 岡山大学津島キャンパス, 2010 年 3 月 20 日
120. 吉岡剛志(早大), 山本知之(早大), 小笠原義仁(早大), 北田韶彦(早大) 「On a

coarse graining of a self-similar structure」日本物理学会, 岡山大学津島キャンパス, 2010 年 3 月 23 日

120. 北田韶彦(早大), 小笠原義仁(早大)「自己相似集合の粗視化」日本数学会, 慶応義塾大学矢上キャンパス, 2010 年 3 月 24 日
121. 齊藤郁夫(公立はこだて未来大学)、成瀬誠(NICT): 陰的シンプレクティックFDTD法の近接場光シミュレーションへの応用、応用物理学会、東海大学(神奈川県秦野市)、2010 年 3 月 25 日
122. 齊藤郁夫(公立はこだて未来大学): FDTD法のトポロジカルな性質と電磁エネルギーの関係についてー電磁ヘリシティと電磁エネルギーの関係の離散化版ー、山形大学工学部(山形米沢)、2010 年 6 月 20 日
123. 小笠原義仁(早大)「自己相似集合の粗視化」日本物理学会, 大阪府立大学中百舌鳥キャンパス, 2010 年 9 月 26 日
124. 成瀬 誠(情報通信研究機構)、堀 裕和(山梨大)、小林 潔(山梨大)、川添 忠(東大)、八井 崇(東大)、大津元一(東大): 光励起移動に基づく信号輸送の最小エネルギー散逸、第57回応用物理学関係連合講演会(平塚市 2010.3.18)
125. 大山遼馬(東大)、川添 忠(東大)、八井 崇(東大)、成瀬 誠(情報通信研究機構)、大津元一(東大)、沢渡義規(パイオニア)、吉沢勝美(パイオニア)、赤羽浩一(情報通信研究機構)、山本 直克(情報通信研究機構): 近接場光相互作用による InAs 量子ドット間発光の反相関特性の評価、第57回応用物理学関係連合講演会(平塚市 2010.3.18)
126. 成瀬 誠(情報通信研究機構)、堀 裕和(山梨大)、小林 潔(山梨大)、川添 忠(東大)、大津元一(東大): 近接場光相互作用による光励起移動を用いた発振現象に関する一考察、第71回応用物理学会学術講演会(長崎市 2010.9.16)
127. 成瀬 誠(情報通信研究機構)、Erich Runge(イルミナウ工科大)、小林 潔(山梨大)、大津元一(東大): 近接場光ネットワーク: 積層量子ドットにおける光励起輸送の効率向上、第71回応用物理学会学術講演会(長崎市 2010.9.14)
128. 佐野光貞, 北原和夫, 「Dawson plasma sheet model の運動論」, 日本物理学会年次大会, 岡山大学, 2010 年 3 月 23 日
129. 根城均(物質材料研究機構), 電子励起法による励起相関を持つ分子の光物性, ナノ学会第8回大会, 岡崎2010年5月13-15日
130. 根城均(物質材料研究機構), ホールアレイによる単一分子発光を用いた励起相関に関する研究, ナノオプティクス研究会, 東京, 2010年7月15-16日

(国際)

1. K. Kobayashi, T. Kawazoe, and M. Ohtsu, “Energy transfer in a near-field photochemical process, via localized photons dressed by polarons,” The 5th Asian-Pacific Conference on Near-Field Optics (AP-NFO5), Niigata, Japan, November 15-17, 2005.
2. K. Kobayashi, T. Kawazoe, and M. Ohtsu, “Elementary process in molecular photodissociation and nanofabrication using optical near fields,” International Chemical Congress of Pacific Basin Society (PACIFICHEM2005), Honolulu, Hawaii, USA, December 15-20, MATL-0324 (2005).
3. S. Miyajima (Waseda Univ.), T. Ogita (Waseda Univ.), S. Oishi (Waseda Univ.): A Method of Generating Linear Systems with an Arbitrarily Ill-conditioned Matrix and an Arbitrary Solution, 2005 International Symposium on Nonlinear Theory and its Applications (NOLTA2005), Bruges, Belgium (2005/10/18-21)
4. T. Ohta (Waseda Univ.), T. Ogita (Waseda Univ.), S. M. Rump (Hamburg Univ. Tech.), S. Oishi (Waseda Univ.): Numerical Verification Method for Dense Linear Systems with Arbitrarily Ill-conditioned Matrices, 2005 International Symposium on

Nonlinear Theory and its Applications (NOLTA2005), Bruges, Belgium (2005/10/18-21)

5. K. Ozaki (Waseda Univ.), T. Ogita (Waseda Univ.), S. Miyajima (Waseda Univ.), S. Oishi (Waseda Univ.), S. M. Rump (Hamburg Univ. Tech.): Componentwise Verified Solutions of Linear Systems Suited for Java, 2005 International Symposium on Nonlinear Theory and its Applications (NOLTA2005), Bruges, Belgium (2005/10/18-21)
6. T. Ogita (Waseda Univ.), S. Oishi (Waseda Univ.): Fast, Accurate and Verified Numerical Computations, The 2nd International Conference on Scientific Computing and Partial Differential Equations & The First East Asia SIAM Symposium, Lam Woo Conference Center, Hong Kong Baptist University, Hong Kong (2005/12/12-16)
7. T. Kawazoe (JST), K. Kobayashi (東工大院理工), and M. Ohtsu (東大院工), “Deposition of 5 nm-diameter Zn-nanodot using near field optical CVD with optically inactive Zn(acac)₂,” The 9th International Conference on Near-Field Nano Optics and Related Techniques (NFO9), Lausanne, Switzerland, September 10-15, 2006.
8. M. Naruse(情報通信研究機構), T. Inoue(山梨産大), and H. Hori(山梨大): Analysis of Hierarchy in Optical Near-Fields Based on Angular Spectrum Representation, in Integrated Photonics Research and Applications/Nanophotonics 2006 Technical Digest (Optical Society of America, Washington, DC, 2006), NFB6 (Connecticut, 2006.4.28)
9. M. Naruse(情報通信研究機構), T. Inoue(山梨産大), and H. Hori(山梨大): Analysis of Modulation of Optical Near-Fields by Positioning Nanoparticles Based on Angular Spectrum Representation, in Conference on Lasers and Electro-Optics/Quantum Electronics and Laser Science Conference and Photonic Applications Systems Technologies 2006 Technical Digest (Optical Society of America, Washington, DC, 2006), JWB105 (Long Beach, 2006.5.24)
10. M.Tsukada (Waseda Univ.), Theory of electron-vibration coupling in the electron transport of molecular bridges”, APS March Meeting 2006, Baltimore, USA, 2006.Mar.13-17.
11. K.Mitsutake(Canon) and M.Tsukada(Waseda Univ.), Theoretical study of carrier-vibration coupling effect on carrier transport process in organic devices, 28th International Conference on the Physics of Semiconductors (ICPS), Vienna, Austria, 2006.Jul.24-28.
12. M.Tsukada(Waseda Univ.), Toward Development of a Versatile Theoretical Simulator of Scanning Probe Microscopy, International Conference on Nanoscience and Technology (ICN-T2006), Basel, Switzerland, 2006.Jul.30-Aug.4
13. M.Tsukada (Waseda Univ.) and K.Mitsutake(Canon), Polaron effect on the electron transport of molecular bridges, Eouropian Conference on Surface Science (ECOSS24), Paris, 2006.Sept.4-8.
14. H.Nejo (National Institute for Materials Science), and T.Akasaka “Debundled carbon nanotubes on a substrate for the photo-emission study” ACCMS First working group meeting on clusters and nanomaterials, Sendai(Japan) Sep.7-9 (2006).
15. H. Kashiwagi (Tokyo Institute of Technology), H. Ito, “Generation of evanescent light in atom funnel with a micron-sized outlet” 9th international Conference on Near-field Optics, Nanophotonics & Related Techniques, Lausanne, September 15, 2006.
16. E. Hirose and E. Torikai: Dynamics of Spin Exchange in Atom-Surface Scattering, 10th Asia Pacific Physics Conference, Pohang, 20-24 Aug. 2007

17. E. Torikai: Self-Assembling of Spin Clusters and Dynamic Spin Interactions at Surface and in Biomolecule, Japan-Germany Nanophotonics Seminar, Yonago 24-28 Sep. 2007
18. T. Ogita (JST), S. M. Rump (Hamburg University of Technology), S. Oishi (Waseda Univ.): Fast and Accurate Floating-Point Summation, 6th International Congress on Industrial and Applied Mathematics (ICIAM07), Zurich, Switzerland (2007/7/16-20).
19. K. Ozaki (Waseda Univ.), T. Ogita (JST), S. M. Rump (Hamburg University of Technology), S. Oishi (Waseda Univ.): Fast and Adaptive Algorithm for 2D Orientation Problem, 6th International Congress on Industrial and Applied Mathematics (ICIAM07), Zurich, Switzerland (2007/7/16-20).
20. S. Miyajima (Waseda Univ.), T. Ogita (JST), S. Oishi (Waseda Univ.): Verifying All Eigenpairs in Real Symmetric Positive Definite Generalized Eigenvalue Problem, 6th International Congress on Industrial and Applied Mathematics (ICIAM07), Zurich, Switzerland (2007/7/16-20).
21. T. Ogita (JST), S. Oishi (Waseda Univ.): (Invited Conference) Lower and Upper Error Bounds of Approximate Solutions of Linear Systems, Conference on Inequalities and Applications '07, Noszvaj, Hungary (2007/9/9-15).
22. T. Ogita (JST), S. Oishi (Waseda Univ.): Tight Error Bounds for Approximate Solutions of Linear Systems, 2007 International Symposium on Nonlinear Theory and its Applications (NOLTA2007), Vancouver, Canada (2007/9/16-19).
23. K. Ozaki (Waseda Univ.), T. Ogita (JST), S. M. Rump (Hamburg University of Technology), S. Oishi (Waseda Univ.): Accurate Matrix Multiplication with Multiple Floating-point Numbers, 2007 International Symposium on Nonlinear Theory and its Applications (NOLTA2007), Vancouver, Canada (2007/9/16-19).
24. T. Nishi (Waseda Univ.), Y. Nakaya (Waseda Univ.), T. Ogita (JST), S. Oishi (Waseda Univ.): A Class of Ill-conditioned Nonlinear Algebraic Equations, 2007 International Symposium on Nonlinear Theory and its Applications (NOLTA2007), Vancouver, Canada (2007/9/16-19).
25. S. Oishi (Waseda Univ.): Numerical Uniqueness and Existence Theorem for Solution of Lippmann-Schwinger Equation to Stationary Scattering Problem, Yonago, Japan (2007/9/24-28).
26. T. Ogita (JST), S. M. Rump (Hamburg University of Technology), S. Oishi (Waseda Univ.): Verification of Positive Definiteness for Large Sparse Matrix, The 3rd East Asia SIAM Conference, Xiamen, China (2007/11/2-5).
27. K. Ozaki (Waseda Univ.), T. Ogita (JST), S. M. Rump (Hamburg University of Technology), S. Oishi (Waseda Univ.): An Efficient Method of Applying Accurate Summation Algorithms to 3D Orientation Problem, The 3rd East Asia SIAM Conference, Xiamen, China (2007/11/2-5).
28. Y. Ogasawara (Waseda Univ.), H. Fukaishi (Kagawa Univ.), T. Yamamoto (Waseda Univ.), A. Kitada (Waseda Univ.): Successive formations of continua due to a self-similar set, International Conference on Topology and its Applications 2007, A Joint conference with "4th Japan Mexico Topology Conference", Kyoto University (2007/12/6).
29. M. Naruse(情報通信研究機構), T. Inoue(山梨産大), and H. Hori(山梨大): Analysis of Hierarchical Interconnects Using Optical Near-Fields Based on Angular Spectrum, in Conference on Lasers and Electro-Optics/Quantum Electronics and Laser Science Conference and Photonic Applications Systems Technologies 2007 Technical Digest (Optical Society of America, Washington, DC, 2007) May 2007.

30. M. Naruse(情報通信研究機構), T. Yatsui(東大), H. Hori(山梨大), S. Kitamura(東大) and M. Ohtsu(東大): Generating Small-Scale Structures from Large-Scale Ones Via Optical Near-field Interactions, MRS fall meeting, KK10.37, November 2007.
31. M.Tsukada(Waseda Univ.) and K.Mitsutake(Canon), Vibronic coupling effect on the electron transport through molecules, APS March Meeting2007, Denver, USA, 2007.Mar.5-9.
32. M.Tsukada(Waseda Univ.), K.Mitsutake(Canon), K.Tagami(Waseda Univ.), N.Kobayashi(Tsukuba Univ.), K.Hirose(NEC), R.Tamura(Shizuoka Univ.), Polaron vs Coherent Mechanism of the Carrier Transport through Molecular Layers Sandwiched by Electrodes, ICN+T 2007, Stockholm, Sweden, 2007 July 4.
33. M.Tsukada(Waseda Univ.), Theoretical Approaches for Nano-Science – from Scanning Probe Microscopy Molecular Electronics, IFCAM, Tohoku University, Sendai, 2007 Sept.9
34. K.Mitsutake(Canon), M.Tsukada(Waseda Univ.),Simulation of inelastic carrier transport in molecular bridge,Metz, France, 第9回欧州分子エレクトロニクス国際会議(ECME), 2007 European Conference on Molecular Electronics, 2007 Sept.9
35. M.Tsukada(Waseda Univ.), Theoretical Simulation of AFM images and nano-mechanical properties of protein molecules, 10th International Conference on Non-Contact Atomic Force Microscopy, Antalya, Turkey, 2007 Sept. 19.
36. H.Nejo (National Institute for Materials Science), “Incremental charging of a molecule fluctuated by the surrounding other molecules” Asian Consortium on Computational Materials Science – Virtual Organization Foundation Meeting Sendai (Japan) Feb.26-28 (2007).
37. H.Nejo (National Institute for Materials Science), Photon emission from a single molecule excited by tunneling electrons supported on a substrate with spacer layer molecules, 日独ナノフォトニクスセミナー,2007/09/24 – 2007/09/28, コンベンションセンター米子ビッグシップ,米子市,日本(Japan).
38. A. Sato(東工大院理工), F. Minami(東工大院理工), and K. Kobayashi(東工大院理工), “New aspects in nanofabrication by near-field photo-CVD,” The 8th International Conference on Excitonic Processes in Condensed Matter (EXCON’08), Kyoto, Japan, June 22-27, 2008.
39. A. Sato(東工大院理工), Y. Tanaka(東工大院理工), F. Minami(東工大院理工), and K. Kobayashi(東工大院理工), “Photon localization and tunneling in a disordered nanostructure,” The 15th International Conference on Luminescence and Optical Spectroscopy of Condensed Matter (ICL’08), Lyon, France, July 7-11, 2008.
40. S. Miyajima (Gifu Univ.), M. Plum (Karlsruhe Institute of Technologie), T. Ogita (JST), S. Oishi (Waseda Univ.): Verifying All Eigenvalues in Generalized Eigenvalue Problem, 2008 International Workshop on Numerical Verification and its Applications, Okinawa, Japan (2008/3/1-7).
41. N. Yamanaka (Waseda Univ.), T. Ogita (JST), S. Oishi (Waseda Univ.): 2008 International Workshop on Numerical Verification and its Applications, Okinawa, Japan (2008/3/1-7).
42. K. Ozaki (Waseda Univ.), T. Ogita (JST), S. M. Rump (Hamburg University of Technology), S. Oishi (Waseda Univ.): Tight Inclusion of Matrix Multiplication, 2008 International Workshop on Numerical Verification and its Applications, Okinawa, Japan (2008/3/1-7).
43. T. Ogita (JST), S. M. Rump (Hamburg University of Technology), S. Oishi (Waseda Univ.):

- Univ.): Fast and High Precision Algorithm for Sparse Matrix-Vector Product, 2008 International Workshop on Numerical Verification and its Applications, Okinawa, Japan (2008/3/1-7).
44. K. Tanabe (Waseda Univ.): Application of analytic singular value decomposition, 2008 International Workshop on Numerical Verification and its Applications, Okinawa, Japan (2008/3/1-7).
 45. M. Naruse(情報通信研究機構), H. Hori(山梨大), K. Kobayashi(山梨大), and M. Ohtsu(東大): Secure Signal Transfer by Optical Near-Field Interactions, Conference on Lasers and Electro-Optics/Quantum Electronics and Laser Science Conference and Photonic Applications Systems Technologies 2008 Technical Digest (Optical Society of America, Washington, DC, 2008), QTuG5 (San Jose, 2008.5.6)
 46. M. Naruse(情報通信研究機構), K. Nishibayashi(東大), T. Kawazoe(東大), K. Akahane(情報通信研究機構), N. Yamamoto(情報通信研究機構), and M. Ohtsu(東大): Scale-Dependent Optical Near-Fields in InAs Quantum Dots and their Application to Non-Pixelated Memory Architecture, Conference on Lasers and Electro-Optics/Quantum Electronics and Laser Science Conference and Photonic Applications Systems Technologies 2008 Technical Digest (Optical Society of America, Washington, DC, 2008), JWA109 (San Jose, 2008.5.7)
 47. M. Tsukada (Waseda Univ.), Polaron Effect on the Electron Transport through Molecular Bridges, ICN+T2008, Keystone, USA, 2008 July 20-25.
 48. H. Nejo (National Institute for Materials Science), Dynamic behavior of 5CB molecules coated Pd particles alignments observed by atomic force microscope and STEM, Asian Consortium on Computational Materials Science-Virtual Organization, 2008/01/26 - 2008/01/28, 東北大学, 仙台, 日本(Japan).
 49. K. Uchiyama, The 7th Asia-Pacific Conference on Near-Field Optics (APNFO-7), Jeju, Korea, Nov., 2009.
 50. T. Yatsui(東大院工), S. Sangu, K. Kobayashi(山梨大院医工), T. Kawazoe(東大院工), M. Ohtsu(東大院工), J. Yoo, J. H. Chae, and G.-C. Yi, "Nanophotonic up-conversion using ZnO nanorod double-quantum-well structures," The Conference on Lasers and Electro-Optics (CLEO) and The International Quantum Electronics Conference (IQEC) Baltimore, US, May 31-June 5, 2009.
 51. K. Ozaki (Waseda Univ.), T. Ogita (Tokyo Woman's Christian Univ.), S. Oishi (Waseda Univ.): Parallel and Accurate Matrix Multiplication based on Optimized BLAS, The 4th International Conference on High Performance Scientific Computing, Hanoi, Vietnam (2009/3/2-6).
 52. S. Oishi (Waseda Univ.): Some Applications of Verified Numerical Computations and Error Free Transformations, 2009 International Workshop on Numerical Verification and its Applications, Miyakojima, Japan (2009/3/22-29).
 53. T. Nishi (Waseda Univ.), S. M. Rump (Hamburg University of Technology), S. Oishi (Waseda Univ.): A conjecture and its partial proof on a kind of Diophantous equations related to the generation of ill-conditioned matrices, 2009 International Workshop on Numerical Verification and its Applications, Miyakojima, Japan (2009/3/22-29).
 54. Y. Ueda (Waseda Univ.): About the naming CHAOS!, International Workshop on Numerical Verification and its Applications 2009, Miyako Island, March 22-29.
 55. K. Uchiyama, M. Naruse, and H. Hori: Experimental Investigation of Hierarchy in Optical Near-Field Interactions in Gold Nano Rods, Technical Digest of The 7th Asia-Pacific Conference on Near-Field Optics (APNFO-7), p. 31 (Jeju, 2009.11.25)
 56. T. Muranaka, S. Iizuka, K. Kodama, K. Ohmori, Y. Nabetani, and T. Matsumoto,

Photoluminescence in ZnSe-based diluted magnetic semiconductor quantum well wire structures formed by wet chemical etching, The 14th International Conference on II-VI Compounds, St. Petersburg, Russia, Aug. 23-28, 2009, Mo5p-17.

57. K. Ohmori, K. Kodama, T. Muranaka, Y. Nabetani, and T. Matsumoto, Tunneling of spin polarized excitons in ZnCdSe and ZnCdMnSe coupled double quantum wells, The 14th International Conference on II-VI Compounds, St. Petersburg, Russia, Aug. 23-28, 2009, Tu6p-2.
58. T. Matsumoto, K. Ohmori, K. Kodama, T. Muranaka, and Y. Nabetani, Spin Polarized Exciton Transfer in ZnSe-based Coupled Quantum Wells, Japan-Korea Asian Core Program General Meeting on Interdisciplinary Science of Nanomaterials, Sendai, Sept. 25, 2009, P-70.
59. Ikuo Saito (Future University-Hakodate): A Geometrical Integrator for Maxwell equations and the relation between its topological and differential-geometric properties, SciCADE09, 25-29 May 2009, Beigin China.
60. I. Saitoh (Future University-Hakodate): Symplectic Finite Difference Time Domain Methods for Maxwell Equations - formulation and their properties, SciCADE09, China Beijing, 2009 年 5 月 25 日
61. S. Oishi (Waseda Univ.): Error free transformations of floating point numbers and its applications, International Conference on Engineering and Computational Mathematics (ECM2009), The Hong-Kong Polytechnic University, Hong-Kong (2009/5/27-29).
62. K. Ozaki (Waseda Univ.), T. Ogita (Tokyo Woman's Christian Univ.), S. Oishi (Waseda Univ.): A priori error estimation for accurate matrix multiplication by using optimized BLAS, International Conference on Engineering and Computational Mathematics (ECM2009), The Hong-Kong Polytechnic University, Hong-Kong (2009/5/27-29).
63. S. Oishi (Waseda Univ.): Error free transformations of floating point numbers and its applications, The 5th East Asia SIAM Conference, Brunei, June 8-11, 2009.
64. T. Ogita (Tokyo Woman's Christian Univ.), S. Oishi (Waseda Univ.): Accurate Inverse Cholesky Factorization, The 5th East Asia SIAM Conference, Brunei, June 8-11, 2009.
65. K. Ozaki (Waseda Univ.), T. Ogita (Tokyo Woman's Christian Univ.), S. Oishi (Waseda Univ.): Verified Convex Hull based on Graham's Algorithm, The 5th East Asia SIAM Conference, Brunei, June 8-11, 2009.
66. N. Yamanaka (Waseda Univ.), T. Okayama (Hitotsubashi Univ.), S. Oishi (Waseda Univ.), T. Ogita (Tokyo Woman's Christian Univ.): A fast automatic integration algorithm using double exponential formula, The 5th East Asia SIAM Conference, Brunei, June 8-11, 2009.
67. Akitoshi Takayasu (Waseda Univ.), Shin'ichi Oishi (Waseda Univ.), Takayuki Kubo (Univ. of Tsukuba): Guaranteed error estimate for solutions to linear two-point boundary value problems, The 5th East Asia SIAM Conference, Brunei, June 8-11, 2009.
68. K. Ozaki (Waseda Univ.), T. Ogita (Tokyo Woman's Christian Univ.), S. Oishi (Waseda Univ.): Fast Filter for Verified Convex Hull and its Performance, The 24th International Technical Conference on Circuits/Systems, Computers and Communications (ITC-CSCC 2009), Jeju Island, Korea, July. 5-8.
69. N. Yamanaka (Waseda Univ.), T. Okayama (Hitotsubashi Univ.), S. Oishi (Waseda Univ.), T. Ogita (Tokyo Woman's Christian Univ.): A fast automatic integration algorithm using double exponential formula based on verification theory, The 24th

- International Technical Conference on Circuits/Systems, Computers and Communications (ITC-CSCC 2009), Jeju Island, Korea, July. 5-8.
70. Akitoshi Takayasu (Waseda Univ.), Shin'ichi Oishi (Waseda Univ.), Takayuki Kubo (Univ. of Tsukuba): Numerical verification for solutions to nonlinear two-point boundary value problems with finite element method, The 24th International Technical Conference on Circuits/Systems, Computers and Communications (ITC-CSCC 2009), Jeju Island, Korea, July. 5-8.
 71. K. Ozaki (Waseda Univ.), T. Ogita (Tokyo Woman's Christian Univ.), S. Oishi (Waseda Univ.): Matrix Multiplication with Guaranteed Accuracy by Level 3 BLAS, Proceedings of 7th International Conference of Numerical Analysis and Applied Mathematics (ICNAAM 09), Rethymno, Greece (2009/09/18-22).
 72. K. Ozaki (Waseda Univ.), T. Ogita (Tokyo Woman's Christian Univ.), S. Oishi (Waseda Univ.): Robustness Problems and Verified Computations for Computational Geometry, ASIA SIMULATION CONFERENCE 2009, Ritsumeikan University, Shigam Japan(2009/10/7).
 73. A. Takayasu (Waseda Univ.), S. Oishi (Waseda Univ.), Takayuki Kubo (Univ. of Tsukuba): Guaranteed error estimate for solutions to linear two-point boundary value problems with FEM", ASIA SIMULATION CONFERENCE 2009, Ritsumeikan University, Shigam Japan(2009/10/8).
 74. K. Ozaki (Waseda Univ.), T. Ogita (Tokyo Woman's Christian Univ.), S. Oishi (Waseda Univ.): Multiple Floating-point Matrix Multiplication by Level 3 Operations, 2009 International Symposium on Nonlinear Theory and its Applications (NOLTA2009), Sapporo, Japan, pp. 159--162 (2009/10/19).
 75. N. Yamanaka (Waseda Univ.), S. Oishi (Waseda Univ.), Takeshi Ogita (Tokyo Woman's Christian Univ.): A Verified Automatic Repeated Integration Algorithm based on Double Exponential Formula, 2009 International Symposium on Nonlinear Theory and its Applications (NOLTA2009), Sapporo, Japan (2009/10/19).
 76. A. Takayasu (Waseda Univ.), S. Oishi (Waseda Univ.), T. Kubo (Univ. of Tsukuba): Guaranteed error estimate for solutions to two-point boundary value problem, 2009 International Symposium on Nonlinear Theory and its Applications (NOLTA2009), Sapporo, Japan (2009/10/19)
 77. S. Oishi (Waseda Univ.): Numerical Uniqueness and Existence Theorem for Solution of Lippmann-Schwinger Equation, 2009 International Symposium on Nonlinear Theory and its Applications (NOLTA2009), Sapporo, Japan (2009/10/19)
 78. K. Ozaki (Waseda Univ.), T. Ogita (Tokyo Woman's Christian Univ.), S. Oishi (Waseda Univ.): Error-Free Transformation of Matrix Multiplication and its related topics, Computer-assisted Proofs - Tools, Methods and Applications, Dagstuhl Seminar, Dagstuhl, Germany (2009/11/15-20).
 79. N. Yamanaka (Waseda Univ.), S. Oishi (Waseda Univ.), T. Ogita (Tokyo Woman's Christian Univ.): "A Verified Automatic Contour Integration Algorithm"-Computer-assisted proofs - tools, methods and applications, Computer-assisted Proofs - Tools, Methods and Applications, Dagstuhl Seminar, Dagstuhl, Germany (2009/11/15-20).
 80. I. Saitoh (Future University-Hakodate) and M. Naruse (NICT), Application of Symplectic Finite-Difference Time-Domain Methods To Near-Field Optics, APNFO-7, Korea, 25-27 Nov., 2009.
 81. N. Tate(東大), W. Nomura(東大), T. Yatsui(東大), T. Kawazoe(東大), M. Naruse(情報通信研究機構), and M. Ohtsu(東大): Parallel retrieval of nanometer-scale light-matter interactions for nanophotonic systems, Pre-proceedings of

- International Workshop on Natural Computing (IWNC 2009), pp. 262-271 (Himeji, 2009.9.23)
82. M. Naruse(情報通信研究機構), H. Hori(山梨大), K. Kobayashi(山梨大), N. Tate(東大), and M. Ohtsu(東大): Information Theoretic Analysis of Hierarchical Nano-Optical Systems, Technical Digest of The 7th Asia-Pacific Conference on Near-Field Optics (APNFO-7), p. 18 (Jeju, 2009.11.25)
 83. H.Nejo (National Institute for Materials Science), Control of light emission from an individual molecule by restricting the light emitting space, The third general meeting of the ACCMS-VO, Sendai, 2009年2月16日.
 84. H.Nejo (National Institute for Materials Science), Discrimination of individual molecules from other molecules one by one restricting the light environments, Sendai, Russian-Japanese workshop, Aug.1-6 (2009).
 85. X. Liu (Tokyo Institute of Technology), T. Asami, H. Ito, "Spin polarization of cold Rb atoms for generation of spin clusters," 7th Asia-Pacific Conference on Near-Field Optics, Jeju Island, November, 2009.
 86. T. Matsumoto, K. Ohmori, K. Kodama, M. Hishikawa, S. Fukasawa, F. Iwasaki, T. Muranaka, and Y. Nabetani, "Optical and structural properties of Zn-Cd-Mn-Se double quantum well systems," International Conference on Ternary and Multinary Compounds, , Baku, Azerbaijan, Sep. 27-30, 2010.
 87. K. Ozaki (Waseda Univ.), T. Ogita (Tokyo Woman's Christian Univ.), S. Oishi (Waseda Univ.): Exact 2D Convex Hull for Floating-point data, 4th Workshop on Reliable Engineering Computing (REC2010), Hotel Furama Riverfront, Singapore (2010/3/3-5).
 88. N. Yamanaka (Waseda Univ.), S. Oishi (Waseda Univ.), Takeshi Ogita (Tokyo Woman's Christian Univ.) "A Verified Automatic Contour Integration Algorithm", 4th Workshop on Reliable Engineering Computing (REC2010), Hotel Furama Riverfront, Singapore (2010/3/3-5).
 89. A. Takayasu (Waseda Univ.), S. Oishi (Waseda Univ.), Takayuki Kubo (Univ. of Tsukuba): A priori inverse operator estimation for guaranteed error estimate, 4th Workshop on Reliable Engineering Computing (REC2010), Hotel Furama Riverfront, Singapore (2010/3/3-5).
 90. S. Oishi (Waseda Univ.), A. Takayasu (Waseda Univ.), T. Kubo (Univ. of Tsukuba): Numerical Existence Theorem for Semilinear Elliptic Boundary Value Problems I, 2010 International Workshop on Numerical Verification and its Applications (INVA2010), Hachijo-jima, Japan (2010/3/10-15).
 91. K. Ozaki (Waseda Univ.), T. Ogita (Tokyo Woman's Christian Univ.), S. Oishi (Waseda Univ.): Topics of two-dimensional orientation problem, floating-point filters, robust computations and applications to convex hull, 2010 International Workshop on Numerical Verification and its Applications, Hachijo-jima, Japan (2010/3/10-15)
 92. N. Yamanaka (Waseda Univ.), S. Oishi (Waseda Univ.): Verification Method for Two-Point Boundary Value Problem using Boundary Element Method, 2010 International Workshop on Numerical Verification and its Applications, Hachijo-jima, Japan (2010/3/10-15)
 93. A. Takayasu (Waseda Univ.), S. Oishi (Waseda Univ.), T. Kubo (Univ. of Tsukuba): Numerical Existence Theorem for Semilinear Elliptic Boundary Value Problems II, 2010 International Workshop on Numerical Verification and its Applications (INVA2010), Hachijo-jima, Japan (2010/3/10-15).
 94. S. Oishi (Waseda Univ.): Numerical Existence Theorem for Semilinear Elliptic Boundary Value Problems I, 2010 International Workshop on Numerical Verification

and its Applications (INVA2010), 2010/3/11, Hachijo-jima, Japan.

95. Y. Ueda (Waseda Univ.): An experimental study on basic sets of difference-differential equations, 2010 International Workshop on Numerical Verification and its Applications (INVA2010), Hachijo-jima, Japan, March 14
96. M. Naruse(情報通信研究機構), T. Kawazoe(東大), and M. Ohtsu(東大): Efficient and Robust Energy Transfer Network in Quantum Dot Mixtures via Optical Near-Fields Interactions, Conference on Lasers and Electro-Optics/Quantum Electronics and Laser Science Conference and Photonic Applications Systems Technologies 2008 Technical Digest (Optical Society of America, Washington, DC, 2010), JThE18 (San Jose, 2010.5.20)
97. M. Naruse(情報通信研究機構), H. Hori(山梨大), K. Kobayashi(山梨大), and M. Ohtsu(東大): Minimum Energy Dissipation in Signal Transfer via Optical Near-Field Interactions in the Subwavelength Regime, in Proceedings Vol. 1 of 36th European Conference and Exhibition on Optical Communication, pp. 259-261 (Torino, 2010.9.20)
98. I. M. Yaguchi, K. Kitahara, and H. Hori, "Electron spin relaxation in B-form DNA probed by muon labeling method: A classical and quantum interpretation," Quantum Effects in Biological Systems, Harvard University, June 17-20, 2010
99. H. Nejo (National Institute for Materials Science), A sophisticated electromagnetic interaction between neighboring molecules embedded on carbon nanotube, The forth general meeting of ACCMS-VO, Sendai, Jan.12-14 (2010).
100. T. Sato (Tokyo Institute of Technology), H. Ohki, H. Ito, "Edge dependence of near-field light generated on a nano-slit," 11th international Conference on Near-field Optics, Nanophotonics & Related Techniques, Peking, August 31, 2010.
101. X. Liu (Tokyo Institute of Technology), K. Sagawa, H. Ito, "Toward local control of spin clusters," 11th international Conference on Near-field Optics, Nanophotonics & Related Techniques, Peking, September 1, 2010.

③ポスター発表 (国内会議 21 件、国際会議 33 件)

(国内)

1. 佐藤新(東工大院理工), 南不二雄(東工大院理工), 小林潔(東工大院理工), 「近接場光を用いた量子ドット系のスピン励起エネルギー転送過程」秋季物理学会, 千葉大学, 2006 年 9 月 23-26 日, 25aPS-83.
2. 柏木宏之, 伊藤治彦, 「Si 原子ファネルにおけるエバネッセント光の誘起」第 67 回応用物理学会学術講演会、立命館大学, 2006 年 8 月 31 日.
3. 柏木宏之, 伊藤治彦「シリコン原子ファネルのエバネッセント光誘起」フォトニクスナノデバイス集積工学シンポジウム, 東京, 2006 年 12 月 4 日
4. 佐藤知広, 伊藤治彦「近接場光を用いた高空間分解能原子検出器」フォトニクスナノデバイス集積工学シンポジウム, 東京, 2006 年 12 月 4 日
5. 佐藤新(東工大院理工), 南不二雄(東工大院理工), 小林潔(東工大院理工), 「近接場光を用いた量子ドット系のスピン励起エネルギー転送過程 II」春季物理学会, 鹿児島大学, 2007 年 3 月 18-21 日, 25aPS-83.
6. 井上大輔, 鈴木達也, 白木一郎, 鳥養映子: MgO(100)上の Ar 単結晶薄膜成長条件, 日本物理学会, 21aXK-6, 2007 年 9 月 21-24 日, 北海道大学
7. 鳥養映子, 白木一郎, Sudha Srinivas: Cs_n クラスタにおけるスピンと構造の相関, 日本物理学会, 24aWB-1, 2007 年 9 月 21-24 日, 北海道大学
8. 佐藤新(東工大院理工), 南不二雄(東工大院理工), 小林潔(東工大院理工), 「散逸環境下における量子ドット間のスピンエネルギー転送過程の耐性と脆弱

性,” COE21「量子ナノ物理学」第3回公開シンポジウム, ゆうぽうと, 2007年12月20-21日.

9. 田上勝規(早大)、塚田捷(早大)、液中におけるマイカ表面の nc-AFM 像シミュレーション、日本物理学会 2007 年春季大会、鹿児島大学郡元キャンパス、2007.3.18-21.
10. 原田昌紀(早大)、塚田捷(早大)、液中での nc-AFM シミュレーション、日本物理学会、2007 年春季大会、鹿児島大学郡元キャンパス、2007.3.18-21.
11. 大森健太、中村和史、田島崇正、村中司、鍋谷暢一、加藤孝正、松本俊: 磁性半導体を含む ZnSe 系量子構造の光学特性、第 55 回応用物理学関係連合講演会、2008 年 3 月 27-30 日、日本大学、船橋、28p-ZC-13。
12. 児玉和樹、田島崇正、大森健太、中村和史、村中司、鍋谷暢一、松本俊: ZnSe 系量子構造の XRD 評価、第 55 回応用物理学関係連合講演会、2008 年 3 月 27-30 日、日本大学、船橋、29a-P10-21.
13. 佐藤新(東工大院理工)、南不二雄(東工大院理工)、小林潔(東工大院理工)、“散逸環境下における量子ドット間のスピナーエネルギー転送過程の耐性と脆弱性,” 春季物理学会、近畿大、2008 年 3 月 22-26 日.
14. 佐藤新、田中裕二、南不二雄、小林潔、“フォノンと相互作用する局在光の2次元格子モデル II,” 秋季物理学会、岩手大、9 月 20-23 日、2008.
15. 結合の強さに依存した Zn-Cd-Mn-Se 系 DQW の励起子トンネリング、菱川正夫、大森健太、児玉和樹、深澤左興、村中 司、鍋谷暢一、松本 俊、第 56 回応用物理学関係連合講演会、筑波大学、つくば、31p-P11-6、2009 年 3 月 31 日
16. 成瀬 誠(情報通信研究機構)、堀 裕和(山梨大)、小林 潔(山梨大)、川添 忠(東大)、八井 崇(東大)、大津元一(東大): 光励起移動に基づく信号輸送の最小エネルギー散逸、第57回応用物理学関係連合講演会(平塚市 2010.3.18)
17. 赤羽浩一(情報通信研究機構)、山本直克(情報通信研究機構)、成瀬 誠(情報通信研究機構)、川添 忠(東大)、八井 崇(東大)、大津元一(東大): 多重積層 InAs 量子ドットにおける励起移動、第57回応用物理学関係連合講演会(平塚市 2010.3.18)
18. 根城均(物質材料研究機構)、2次元高分解能分光によるがん検出法の開発、ナノ学会 第8回大会、岡崎、2010年5月13-15日.
19. 佐藤知広、伊藤治彦: ナノスリットに誘起した近接場光のエッジ依存性、第 57 回応用物理学関係連合講演会、東海大学、18a-P4-26、2010 年 3 月 18 日
20. 浅見貴志、劉カン、伊藤治彦、スピクラスターの局所光制御に向けて I: スピン 1 重項-3 重項変化、第 57 回応用物理学関係連合講演会、東海大学、18a-P4-1、2010 年 3 月 18 日.
21. 浅見貴志、劉カン、伊藤治彦、スピクラスターの局所光制御に向けて II: レーザー冷却原子のスピン偏極、第 57 回応用物理学関係連合講演会、東海大学、18a-P4-2、2010 年 3 月 18 日

(国際)

1. H. Hori(Univ. Yamanashi), T. Inoue and Y. Ohdaira, “Fundamental processes of tunneling excitation transfer in optical near-field interactions”, The 5th Asia Pacific Intl. Conf. 2005, Niigata, November 15-17 (2005) p.46.
2. H.Sano(Univ. Yamanashi), T.Hatta, L.C.Chen, and H.Hori, “Fabrication of a Metal Surface with Distributed Nano-Structure by Laser Ablation for Localized Plasmon Polariton Excitation”, The 5th Asia Pacific Intl. Conf. 2005, Niigata, 2005 Nov., p.40.
3. S. Yamada, H. Ito, “Evanescent-Light Atom Funnel with a Hollow Light Beam,” The 5th Asia-Pacific Conference on Near-Field Optics, Niigata, November 2005.
4. K. Ono, H. Ito, T. Yatsui, “3D confinement of a cold atom in bow-tie trap,” The 5th

- Asia-Pacific Conference on Near-Field Optics, Niigata, November 2005.
5. Growth of ZnO nanorods on GaAs substrates by RF-MBE, H. Tsutsui, F. Ito, Y. Nabetani(山梨大学), T. Kato, and T. Matsumoto(山梨大学), 25th Electronic Materials Symposium, Izu-Nagaoka, 2006/7/5-7, H6.
 6. Formation of Intermediate electronic band induced by oxygen isoelectronic trap in ZnTeO, Y. Nabetani(山梨大学), K. Aoki, K. Gemma, T. Kato, T. Matsumoto(山梨大学), and T. Hirai, 25th Electronic Materials Symposium, Izu-Nagaoka, 2006/7/5-7, H11.
 7. Optical properties of localized and band states in ZnTe:O, Y. Nabetani(山梨大学), K. Aoki, K. Gemma, T. Kato, T. Matsumoto(山梨大学), and T. Hirai, The 7th Japan-Korea Joint Workshop on Advanced Semiconductor Processes and Equipments, Nara, 2006/11/15-17.
 8. Yoshihito Ogasawara (Waseda University), Tomoyuki Yamamoto (Waseda University), Kimihisa Ito (Waseda University), Akihiko Kitada (Waseda University), Kazuo Yamamoto (Kanagawa Institute of Technology): On a topological space *dendrite* generated by a self-similar space, Theoretical Crystallography and Materials Science, Satellite Conference of the AsCA'06 / CrSJ meeting, つくば, 2006年11月19日.
 9. K.Tagami (Waseda Univ.) and M.Tsukada(Waseda Univ.), Atomistic Simulation of Compression of Single Protein Molecules by AFM Tip, International Conference on Nanoscience and Technology (ICN-T2006), Basel, Switzerland, 2006.Jul.30-Aug.4
 10. M.Harada (Waseda Univ.) and M.Tsukada(Waseda Univ.), Theoretical Investigation of AFM Images for Various Organic Molecules, International Conference on Nanoscience and Technology (ICN-T2006), Basel, Switzerland, 2006.Jul.30-Aug.4
 11. T. Sato, K. Yamamoto, H. Ito, "Generation of near-field light on a sub-100-nm-wide slit by illumination via total-internal reflection and application to atom detection with high spatial resolution" 9th international Conference on Near-field Optics, Nanophotonics & Related Techniques, Lausanne, September 14, 2006.
 12. Y. Tanaka (東工大院理工) and K. Kobayashi (東工大院理工), "Spatial Localization of an Optical Near Field in One-Dimensional Nanomaterial System," Second International Symposium on Nanometer-Scale Quantum Physics (nanoPHYS'07), Tokyo, January 24-26, 2007.
 13. A. Sato(東工大院理工), F. Minami(東工大院理工), and K. Kobayashi(東工大院理工), "Spin and Excitation Energy Transfer in a Quantum-Dot Pair System through Optical Near-Field Interactions," Second International Symposium on Nanometer-Scale Quantum Physics (nanoPHYS'07), Tokyo, January 24-26, 2007.
 14. A. Sato(東工大院理工), F. Minami(東工大院理工), and K. Kobayashi(東工大院理工), "Spin and excitation energy transfer in a quantum-dot system driven by optical near fields," The 9th International Conference on Near-Field Nano Optics and Related Techniques (NFO9), Lausanne, Switzerland, September 10-15, 2006.
 15. Y. Tanaka(東工大院理工) and K. Kobayashi(東工大院理工), "Optical near field dressed by localized and coherent phonons," The 9th International Conference on Near-Field Nano Optics and Related Techniques (NFO9), Lausanne, Switzerland, September 10-15, 2006.
 16. Y. Tanaka(東工大院理工) and K. Kobayashi(東工大院理工), "Spatial localization of an optical near field dressed by coherent phonons," ICPS 2006, Vienna, Austria, July 24-28, 2006.
 17. A. Sato(東工大院理工), F. Minami(東工大院理工), and K. Kobayashi(東工大院理工), "Spin and Excitation Energy Transfer in a Quantum-Dot Pair System through Optical Near-Field Interactions," Second International Symposium on

- Nanometer-Scale Quantum Physics (nanoPHYS'07), Tokyo, January 24–26, 2007.
18. Y. Tanaka (東工大院理工) and K. Kobayashi (東工大院理工), “Spatial Localization of an Optical Near Field in One-Dimensional Nanomaterial System,” Second International Symposium on Nanometer-Scale Quantum Physics (nanoPHYS'07), Tokyo, January 24–26, 2007.
 19. M. Ito, T. Tajima, K. Omori, T. Muranaka, Y. Nabetani, T. Kato, T. Matsumoto: Magneto-optical properties of ZnMnSe-ZnSe-ZnCdSe quantum structures, The 13th International Conference on II-VI Compounds, Jeju, Korea, Sept. 10–14, 2007, Th-P-57.
 20. M. Naruse, T. Yatsui, H. Hori, S. Kitamura, and M. Ohtsu: Generating Small-Scale Structures from Large-Scale Ones Via Optical Near-field Interactions, MRS fall meeting, KK10.37, November 2007.
 21. A. Sato (東工大院理工), Y. Tanaka (東工大院理工), F. Minami (東工大院理工), and K. Kobayashi (東工大院理工), “Spin and Excitation Transfer via Localized Photons,” the 6th Asia-Pacific Conference on Near Field Optics, APNFO6, Yellow Mountain, China, June 13–17, 2007.
 22. A. Sato (東工大院理工), F. Minami (東工大院理工), and K. Kobayashi (東工大院理工), “Quantization of an optical near field and energy transfer between nanomaterials,” DPC07, The 16th International Conference on Dynamical Processes in Excited States of Solids, Segovia, Spain, June 17–22, 2007.
 23. K. Kobayashi (東工大院理工), Y. Tanaka (東工大院理工), and A. Sato (東工大院理工), “Localized Photons Interacting with Phonons in a One-Dimensional Nanosystem,” PHONONS 2007, the 12th International Conference on Phonon Scattering in Condensed Matter, Paris, France, July 15–20, 2007.
 24. K. Tagami (Waseda Univ.) and M. Tsukada (Waseda Univ.), Theoretical simulation of non contact atomic force microscopy images of mica surface in water, APS March Meeting, Denver, USA, 2007.Mar.5–9.
 25. T. Sato, M. Sato, H. Ito, “Near-field light lens for nano-focusing of atoms,” 6th Asia-Pacific Conference on Near-Field Optics, Huangshan, June, 2007.
 26. T. Matsumoto (Univ. of Yamanashi), K. Omori (Univ. of Yamanashi), K. Nakamura (Univ. of Yamanashi), T. Muranaka (Univ. of Yamanashi), and Y. Nabetani (Univ. of Yamanashi), MBE growth and magneto-optical properties of ZnCdSe-ZnMnSe wire systems, 16th International Conference of Ternary and Multinary Compounds, Berlin, 2008, 9, 18.
 27. T. Yatsui (東大院工), S. Sangu, K. Kobayashi (東工大院理工), M. Ohtsu (東大院工), S. J. An, J. Yoo, and G.-C. Yi, “Nanophotonic up-converter using ZnO nanorod double-quantum-well structures,” The 15th International Conference on Luminescence and Optical Spectroscopy of Condensed Matter (ICL'08), Lyon, France, July 7–11, 2008.
 28. A. Sato (東工大院理工) and K. Kobayashi (東工大院理工), “Photon localization at the nanoscale and nonlinear effect,” 1st International Symposium on Laser Ultrasonics: Science, Technology and Applications (LU2008), Montreal, Canada, July 16–18, 2008.
 29. T. Sato, H. Ito, “Suppression of scattering light in nano-slit structure,” 10th international Conference on Near-field Optics, Nanophotonics & Related Techniques, Buenos Aires, September 3, 2008.
 30. H. Ito, M. Sato, T. Sato, “Near-field-light lens for nanofocusing of atoms,” The 2nd International Congress on Advanced Electromagnetic Materials in Microwaves and Optics (Metamaterial 2008), Pamplona, Spain, September 25, 2008.

31. A. Sato(東工大院理工), F. Minami(東工大院理工), and K. Kobayashi(東大院工),
“Dynamics of phonons-assisted localized photon in a disordered nanostructure,”
International Symposium on Nanoscience and Quantum Physics (nanoPHYS’09),
Tokyo, Japan, February 23–25, 2009.
32. A. Masago (Tohoku Univ.) and M. Tsukada(Tohoku Univ.), AFM Simulations of
Force Mapping on Si(111)–(5x5)–DAS Surface, ICSPM17, Atagawa, Japan, Period,
Dec.11–13,2009.
33. H.Nejo (National Institute for Materials Science), Simultaneous electromagnetic
interaction observations between neighboring excited molecules, Nanophotonics
2010, Tsukuba, May 30–June 3 (2010).

(4)知財出願

① 国内出願 (2件)

イメージ分光器、根城均、独立行政法人物質材料研究機構、2008年9月8日
特願2008–229809

イメージ分光器、根城均、独立行政法人物質材料研究機構、2008年9月8日
特願2008–229928

② 海外出願

該当無し

③ その他の知的財産権

該当無し

(5)受賞・報道等

①受賞

応用物理学会平成19年度光学論文賞(成瀬 誠)

(M. Naruse, T. Inoue, and H. Hori: Analysis and Synthesis of Hierarchy in Optical
Near-Field Interactions at the Nanoscale Based on Angular Spectrum, Japanese Journal
of Applied Physics, Vol. 46, No. 9A, pp. 6095–6103, Sep. 2007.)

・Nano-Science Prize 受賞 2007.11.14

ナノ構造系の理論研究に対する貢献に対して (塚田 捷)

Outstanding Presentation Award in 6th Asia-Pacific Conference on Near-Field Optics

(佐藤知広(伊藤グループ))

平成 19 年度日本光学会奨励賞(山本和広(伊藤グループ))

第 23 回応用物理学会講演奨励賞(佐藤峰斗(伊藤グループ))

平成 22 年度科学技術分野の文部科学大臣表彰受賞

精度保証付き数値計算学の確立のための研究 (大石 進一)

第 15 回山梨科学アカデミー賞受賞

ナノオブティクスの科学基盤開拓と応用展開(堀 裕和 2010 年)

②マスコミ(新聞・TV等)報道(プレス発表をした場合にはその概要もお書き下さい。)

「ナノ特有の機能開拓」山梨日日新聞 2008 年 7 月 31 日掲載

③その他

「ナノの世界に輝く光」サイエンスZERO, NHK, 2008 年 7 月 13 日放送

「ナノの世界に輝く光」サイエンスZERO, NHKオンデマンド, 2010 年 1 月

NHK 教育テレビ 高校講座・物理 9 月 11 日「光の科学史」(堀 裕和)

(6)成果展開事例

①実用化に向けての展開

記載なし

②社会還元的な展開活動

記載無し

§ 6 結び

研究成果の概要と光電子融合系研究の意義

本研究プロジェクトでは、ナノ領域で真の機能を発現しマクロ機能に接続する構造を、物理と情報理論研究から探索し、これを実現する半導体ナノ量子構造デバイスの開発と近接場光励起輸送機能の計測に成功し、さらに、機能原理の理論基盤構築とシミュレーション手法確立に基づくナノ光電子機能の創生に挑戦し、科学技術基盤の構築を完了した。

本研究プロジェクトでは、これに先立つ 10 年間に構築した、「光と電子系の科学技術の融合研究」を基盤とし、これを機能デバイスおよび機能システムとして具現化するための、材料開発、機能評価実験装置開発を、ナノメートル領域における機能構造の情報理論的探索と、その基盤となる物理素過程の研究、数学構造および数値計算の研究とシミュレーション開発と密接に連携させて展開し、新機能素子の創生とその科学技術基盤の構築、さらに光電子融合機能に関わる新科学技術領域の開拓を目指して、幅広い分野融合的研究展開を行った。研究は、「デバイスおよびシステム開発と機能評価」、「ナノ領域固有の機能を記述し設計する数理機構開発」、ナノ領域固有の機能を評価する物理理論構築」の 3 項目を大きな要素として融合的に推進し、目標をほぼ達成する成果をあげたと考える。

本プロジェクトで達成された、ナノ光電子機能に関わる新科学技術創出と、新学術領域創生は、「光と電子系の科学技術の融合」を、物理、情報、数学と数値計算との連携によって実現する、新学術領域創成の基盤を構成し、今後、これらの基礎技術や科学基盤の広範な展開研究が推進され、実用化においても新概念に基づく多様な新機能デバイスおよびシステムの創出を導くものと考ええる。

研究推進と当初計画からの変更および進展

研究プロジェクトの最終段階に至り、当初計画を振り返ると、形状を設計された半導体ナノ構造間の励起子輸送と近接場光励起輸送を組み合わせ、これを外場で制御して機能構造を創生すること、およびこれに関わるシミュレーション技術を開発することに基づいて、ナノデバイスを機能させるブレークスルーを目指すという目標が、局所光・電子系の融合サイエンス構築の骨格となり、多くの異分野研究者の融合研究から、当初の予測を大きく超えた大規模な複雑ネットワークシステムをナノ領域要素から構成し得る、豊穡な新科学技術基盤が構築されたことが実感される。

特に、材料開発、デバイス作製と、ナノメートル領域の機能評価技術、および情報理論的新機能探索を密接に連携し、同時にひとつのチームで推進したことは、互いの基礎知識を交換し何ができるか何が必要かを分析し、これを互いにフィードバックすることを可能にし、新機能デバイス・システム創生の目標達成において、極めて重要なことであったと考える。さらに、基礎物理理論と数理研究・数値計算手法構築に関する研究を同時に進めたことによって、考察の基礎となる素過程の分析や、極めて複雑な機能の分析に関する多様な知見がもたらされ、理論研究、実験研究ともに大きく進展した。

本研究プロジェクトは、このような分野融合研究を推進するものであったと同時に、希薄磁性半導体量子構造の評価とナノスケールでの機能評価に必須の高磁場・低温環境での計測装置をはじめ、各種の高度実験機器の導入に基づくナノ光電子機能の開発環境整備の実現によって初めて可能になったものである。CRESTによる研究支援に深く感謝する。

研究遂行段階では、当初予定のナノ光リソグラフィの実現が困難になったこと、さら

にSTM援用近接場光学顕微鏡システム機能に必須の透明導電膜コート光ファイバープローブの供給が停止するという困難を経験した。しかし、前者に関しては、情報理論的研究からより有効なデバイス構造が明らかになったこと、さらに希薄磁性半導体量子井戸構造の作成過程でより有効なデバイス作製方法が得られたことから、当初計画より進んだ機能構造を実現することができた。また後者については、物質・材料研究機構の支援も受けてプローブの自主開発を進めたことにより、より目的とする機能評価に適した構造のプローブを作製し、その特性を十分に把握したうえで実験を行うことができたため、ナノ光電子機能創生という挑戦的課題の遂行にたいへん有意義であったと考える。中間評価時点でのこれらの項目に関する進捗は、予定より遅れていたが、実験装置の開発に関しても自作度が増しただけ内容の把握が深くなり、プロジェクト終盤の実験研究は極めて順調に進んだと考える。また、中間評価時には、特に理論研究の進展で得られた多様な成果を明解に統合するまでに至っていなかったが、各研究の進展と、実験研究の著しい進展が歩調をそろえ、プロジェクト全体の相互関係が明確になったことで、ナノ光電子機能の実態をかなり明確化できたものと考えている。

研究成果の意義と今後の課題

本研究プロジェクトで開拓されたナノ光電子機能は、常にマクロな散逸を伴う機能を素過程とする従来型電子デバイスと、外界と完全に隔離された動力学に基づく量子デバイスとの中間に位置し、ナノからマクロに至る空間的階層ごとに、散逸とコヒーレンスが共存する素過程に基づく機能を持つ、新概念機能構造を実現するものである。研究遂行においては、そのコンセプトと新研究領域構築の意義の探索において、§4に詳細を述べた、以下の意義を持つ研究成果が得られている。

- ・従来型電子デバイス・システムの弱点とその解決方法
- ・階層的な光電子融合機能の意義と効果
- ・情報理論に基づく機能探索と連携したデバイス研究と機能評価研究
- ・局所環境系と機能の総合的探究と理論的基盤の構築
- ・発展する機能探索および機能研究に向けた新学術領域の創生
- ・物理、数学、情報と密接に関わる光電子機能デバイス研究の推進
- ・現代社会が求める新機能に向けた研究成果の意義づけ

これらの研究結果から、さらに今後の発展と未開拓領域の探索がなされた。問題点として今後解明すべき課題は以下のとおりである。

- ・相互作用と輸送現象に関わる基礎物理学理論的課題
- ・電子科学技術、光科学技術における課題、光電子融合系における課題
- ・新時代の情報通信・情報処理に向けた課題：
- ・電磁界理論における数値計算法およびシミュレーションにおける課題
- ・ナノ光電子機能に関わるモデリング等の数理的取り扱いにおける課題
- ・実用機能システム作製に関わる課題

これらの課題の解決を目指し、研究プロジェクト終了までの期間において加速的にナノ光電子機能研究を発展させ、実用デバイスおよび新展開に向けての展望を開き、さらに将来の研究につなげることを目指している。

分野融合型研究の発展と若手研究者育成

本研究で得られた最も重要な成果のひとつである、数学、情報理論、基礎物理学から半導体デバイス作製および多様な機能評価実験系の科学技術に関わる異分野研究者の協働体制をさらに活かし、新領域の開拓に向けた様々な取り組みを展開したい。

若手研究者育成に関しては、各分野ですでに多くの業績を挙げている広い分野の先進研究者と、オリジナルな先端領域を開拓しつつある中堅研究者、若手研究者および大学院生の間で、研究交流の場が継続的に数多く持たれたことにより、若い研究者が多様な知見と研究スタイルに直に触れて、今後の研究展開の基盤形成に役立てることができたものと考えている。

さらに、山梨大学においては、科学技術振興調整費による若手研究者の自立的な研究環境整備促進「先端領域若手研究リーダー育成拠点」が平成21年度よりスタートし、その重点4領域のひとつとしてナノ光電子機能創生プロジェクトを掲げ、ナノエレクトロニクス系、物質材料系、理論系の3名のテニュアトラック教員を採用しており、これは本研究プロジェクトの展開に基づく研究者育成プログラムとなっている。

今後の展望

本研究プロジェクトの成果から、配線型電子機能からナノ光励起輸送に基づく光電子融合系の新機能に転換するための基本材料およびデバイス、新機能の基盤となる、ナノ発光光源と励起輸送経路の外部制御可能性、および階層的な近接場光相互作用と、これを取り扱う光電子融合系の理論構築が達成され、実験理論両面でのナノ光電子機能に関わる科学技術基盤が構築された。これに基づいて、半導体量子構造や原子・分子系の多様な構造を用いて、超低消費電力デバイスや、複雑大規模ネットワークを構成する研究開発がスタートし、従来の機能概念を変革するような、さまざまな研究展開と実用研究開発に結び付くものと期待される。

本課題では、定常的な入出力と複雑系の機能を追求しているが、近接場光相互作用やデバイスにおける論理回路作製やダイナミクス探究に関わる、我が国の先進的研究と相まって、既に世界を大きくリードしているナノオプティクス、ナノフォトニクスが大きく発展を遂げることが期待される。併せて、本研究の理論面における成果は、新機能システム探索や、実用的量子機能研究の理論基盤として応用範囲が広いものであり、本研究で開発した複雑機能を実現する実デバイスは、現在さらに研究を進めている原子分子系やスピン系も考慮した新規デバイス構造などとともに、さまざまな素過程研究の実験システムとして大いに活用され、量子系の通信情報研究や、非平衡統計力学の研究等、さまざまな分野で活用し得るモデル実験系を提供する可能性を持っている。

謝辞

CRESTによる研究支援によって、長年にわたり構想を練ってきた光系と電子系の科学技術の融合を目指すナノ光電子機能の研究を大きく発展させることができた。高額の投資を必要とする実験設備と研究を維持する経費が与えられたことにより、特殊環境下での計測に基づく新概念デバイス開発が進化したのと同時に、異分野研究者が協働する貴重な機会を得て、すばらしい研究チームを構成し、そこから極めて多くのものを獲得し、さらに今後の発展の基盤となる体制を構築することができた。本プロジェクト研究の支援に深謝するとともに、今後一層の研究発展を目指すところである。

本研究の理論基盤である近接場光学に関する基礎理論と、機能発現における環境系の役割の重要性を明らかにする基礎研究において、さまざまな重大なご示唆を与えられた、茨木大学名誉教授 安久正紘先生は、プロジェクト推進中の平成20年6月にご逝去されました。病床にて残された研究ノートは、本プロジェクトの理論基盤としてさまざまなアプローチを示唆し、いまなお研究を導く道標となっております。安久正紘先生に、心から感謝申し上げます。