



資料2-1
科学技術・学術審議会 研究計画・評価分科会
量子科学技術委員会(第18回)
平成31年2月1日

平成31年2月1日:量子科学技術委員会



先端光量子科学アライアンス

拠点責任者

東京大学大学院工学系研究科

三尾典克

光拠点ネットワークプログラムの理念

光科学

科学技術全体を支える基盤科学

光源技術革新が加速している先端科学技術分野でもある

我が国は、基礎応用および産業において世界をリードしている

グローバルな競争のもとで、機関を超えた連携強化により競争力強化をはかる

光量子科学研究センター発足記念シンポジウム・開所式
(平成20年12月1日)



徳永保高等教育局長



小宮山宏東大総長



坂田東一文部科学審議官

第1回 文部科学省「最先端の光の創成を目指したネットワーク研究拠点プログラム」シンポジウム

(平成21年1月23日)

光拠点プログラムの目指すところ

- ☆ 光科学の優れた研究者を結集し、諸分野の研究者と共に、新たな科学技術を創成
- ☆ 若い研究者が主体的に将来を切り拓く研究・教育環境を構築
- ☆ 日本のレーザー・光産業強化に貢献



APSAのねらい

先端光科学研究

- **先端光開拓**
光格子時計を中心とする超高周波数純度スーパーコヒーレント光源、極超短パルス光源、汎用小型安定新型高出力レーザー開拓開発
- **光技術の為の物質材料科学**
新しい光を生み出すための物質材料科学、光子場中の物質の変化（劣化を含む）の物質・材料科学
- **先端光の利用開拓研究**
先端光源の計測制御技術開拓、ナノ技術との融合

重点項目（H24年度策定）


- I. フォトンリング施設の研究開発協力および利用研究の推進
- II. 光格子時計の基盤技術開発と配信の実証研究
- III. 高強度レーザー実現に向けた材料科学

高度人材育成

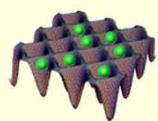
機関連携による高度博士人材育成し、産学へ
若手研究者の活躍の場を醸成
先端光科学研究の成果を利用した学理の体系整理（知の構造化）

産業振興

光科学を軸としたオープン＆グローバルイノベーションの創出



東京大学




光格子時計
強光子場中の物質科学
・光劣化防止の物性物理
光量子制御

東京大学 光量子科学研究センター

平成22年4月より工学系研究科附属センターに改組

学内外の光量子科学関連のハブ拠点
ASPAの運営母体
新しい教育プログラムの推進



先端光量子科学
国際教育研究プログラム

融合光新創生ネットワーク




拠点責任者:
兒玉了祐(大阪大学教授)

幹事機関: 大阪大学


参画機関:
量子科学技術研究開発機構、
京都大学、分子科学研究所

政策ビジョン研究センター

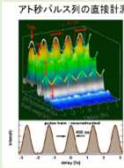


- ・世界のトップサイエンスにより、光科学の革新を先導
- ・次世代高度人材育成: 質と量の充実 **博士人材を産業界へ**
- ・イノベーションモデルの提示 **グローバル&オープン**


理化学研究所



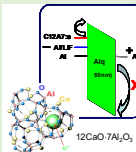
アト秒パルス発生計測
X・EUV技術への導入



東京工業大学



高光耐性新物質開発
新光機能材料




電気通信大学



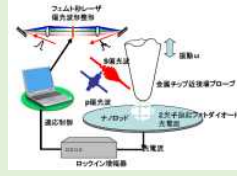
新固体レーザー開発
高強度コヒーレント光波
制御技術



慶応義塾大学



パルス光波
制御技術



人材育成




Consortium on Education and Research
on Advanced Laser Science




トップサイエンスの融合: 各機関の役割


光原子時計・周波数精密制御
我が国発の時間標準技術
秒の世界標準を




アト秒パルス光発生計測
“瞬間”の中を覗く
電子の動きを捉える




高出力安定小型固体レーザー
新型レーザーを産業技術へ



極限光波制御
ベクトル波操作



次世代光科学の為の材料研究
新材料開拓・光劣化機構の克服



APSAの成果

- 光格子時計の当初の目標の精度(10^{-18} 台)に到達したこと
- アト秒関連技術で世界のトップに躍り出ることができたこと
- 基盤となるレーザー技術で継続的に新しいものを生み出してきたこと

などなど

光拠点事業が、学術研究を主体としたネットワーク構築を進める**10年事業**として実施されたことによる

若手研究者の育成環境・制度の構築
安定的な研究基盤の構築・人員の雇用
機関連携によるシナジー

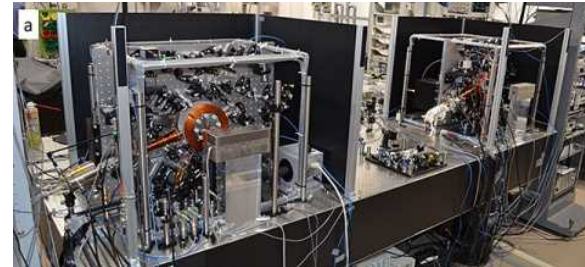
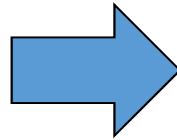
先端光科学研究

APSAの成果

時代を変えた：フェムト(10^{-15})からアト(10^{-18})へ



セシウム原子時計
 10^{-15} の精度
2000万年に1秒

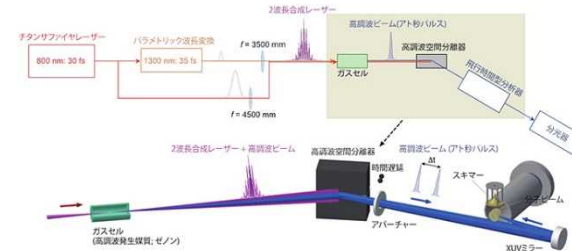
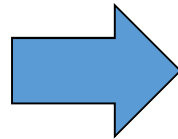


光格子時計
 10^{-18} の精度
137億年に1秒

基礎物理の探求から測地・資源探査まで計量の質が変わる。



フェムト秒レーザー
利用範囲が拡大
生体計測・光加工

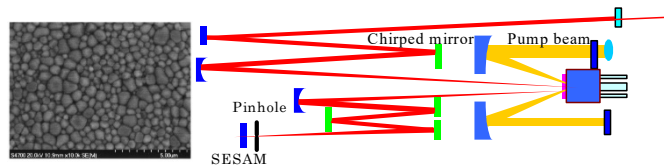


アト秒レーザー
化学反応素過程
の観測・制御

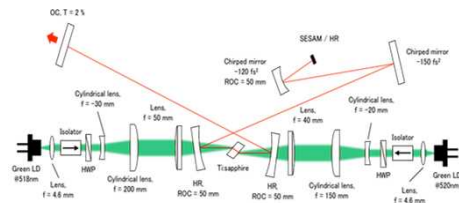
光による物性計測・制御の質が変わる。

APSAの成果

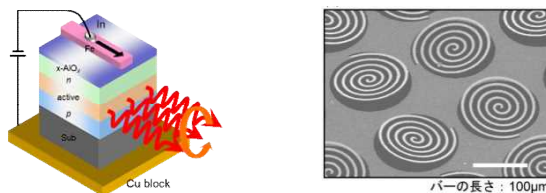
時代を変えた：レーザー & 材料の高性能化・多様化



セラミックレーザー技術の進展

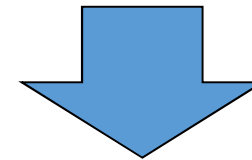


新しいシステム技術の開発



スピン自由度やナノ構造の利用

波長・出力・パルス幅・偏光など光の持つ自由度のほとんどすべてを自在に制御できるレーザー & 材料技術の開発が進んだ。

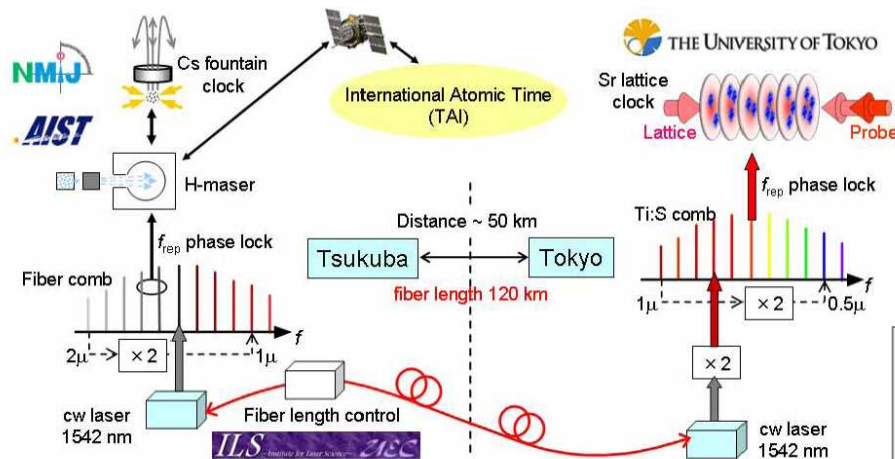


- 応用範囲の拡大
- 利用技術の開拓
- 産業への展開

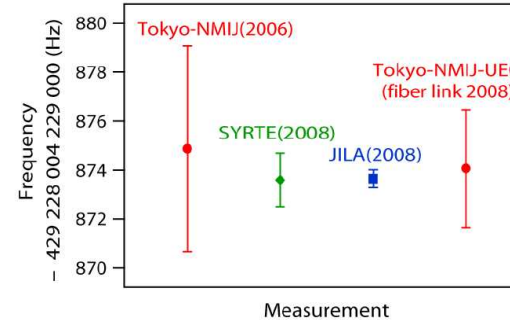
例: APSAの成果1

高精度光ファイバリンク実験 ('09-11)

産総研(つくば) - 東大(本郷) - 情通研(武蔵小金井)



Fiber link stability:
 8×10^{-16} @ 1 s.

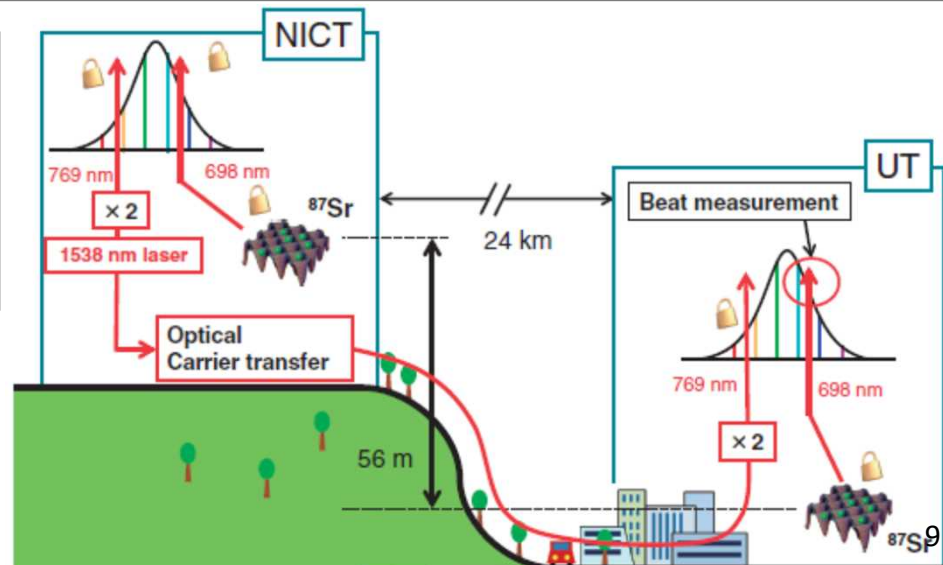


F.-L. Hong et al.,
Opt. Lett. 34,
692 (2009)

東大のSr光格子時計を産総研までファイバリンクで繋げて絶対周波数を計測 ('09)
⇒ Boulder/Paris/TokyoのSr光格子時計が 6×10^{-16} の精度で一一致

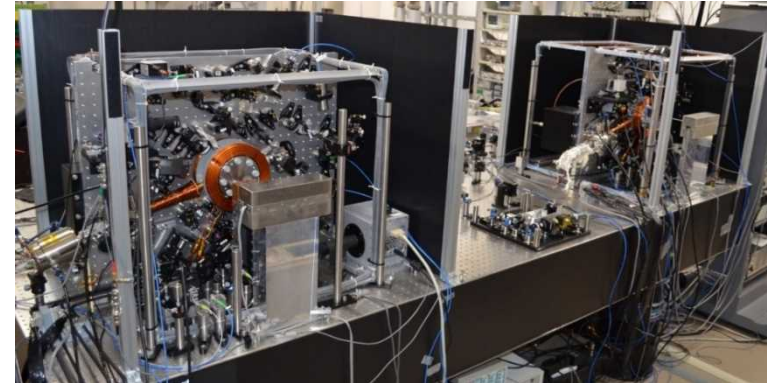
東大-情通研間のファイバリンクによる光格子時計の遠隔比較 ('11)
⇒ 時計比較精度 7.3×10^{-16} を実現し、標高差56mの重力シフトを直接検出

A. Yamaguchi et al.,
APEX 4, 082203 (2011)

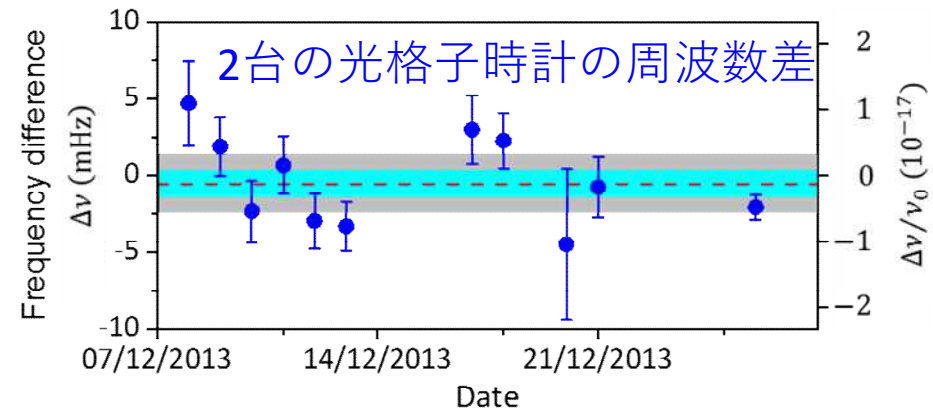
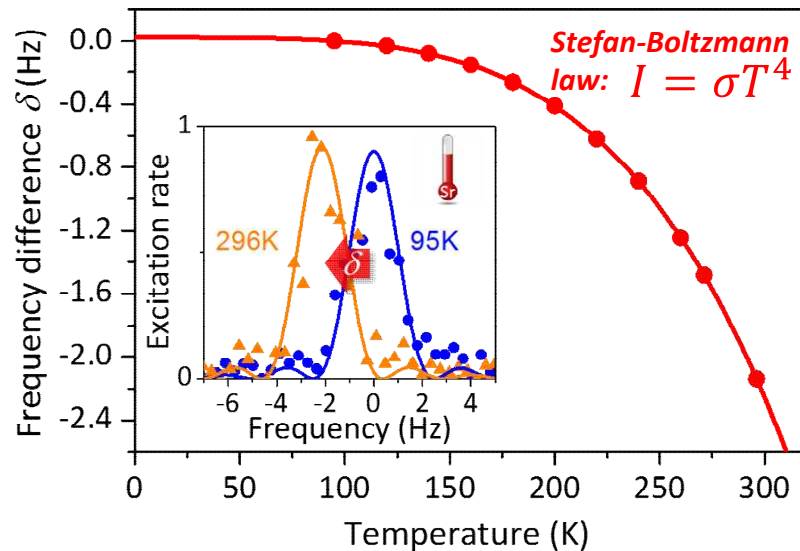


光格子時計の高精度化の実現 ('12-15)

- 低温環境により黒体放射の影響を低減して18桁精度の光格子時計を実現
- 2台の光格子時計が 4.6×10^{-18} の精度で一致



黒体放射シフトの直接観測



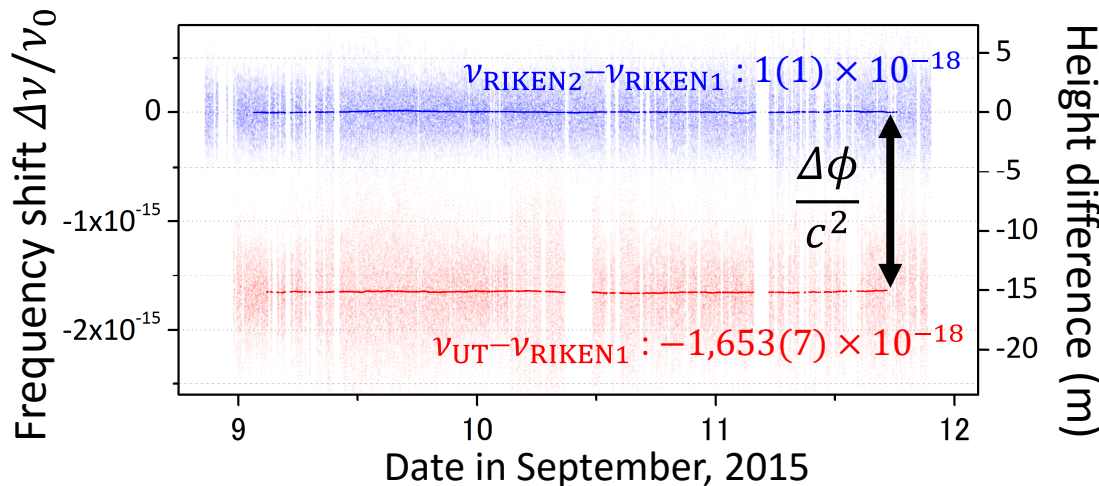
2台の光格子時計
の周波数差

$$\frac{\nu_{\text{Sr2}} - \nu_{\text{Sr1}}}{\nu_0} = (-1.1 \pm 2.0(\text{stat.}) \pm 4.4(\text{sys.})) \times 10^{-18}$$

光格子時計の新たな応用の開拓 ('15-16)

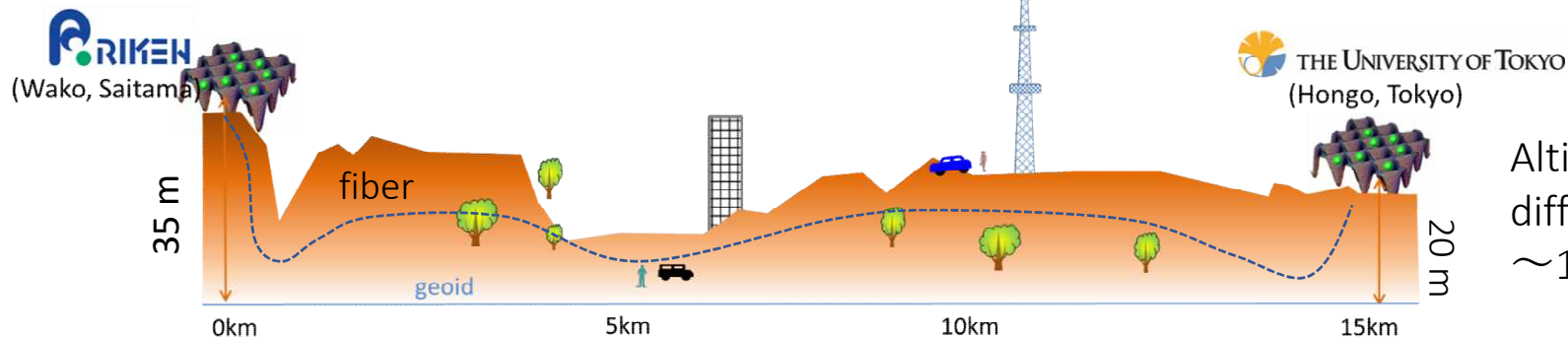


— 東大(本郷)ー理研(和光)間での光格子時計の遠隔比較 —



- 遠隔の光格子時計を18桁精度で比較
- 東大ー理研間の標高(重力ポテンシャル)差をリアルタイムに時計で観測
- cmレベルの精度で遠隔地の標高差を測定

T. Takano et al., "Geopotential measurement with synchronously linked optical lattice clocks," Nat. Photon. 10, 662 (2016)



Altitude difference : ~15 m

サイエンス ZERO

文字サイズ

小 中 大

Eテレ 毎週日曜 午後11時30分 | 再放送 毎週土曜 午前11時

放送予定

再放送予定

過去3か月の放送

番組情報

スペシャル動画

よくある質問

NHKオンデマンド

シェアする ?



10月 日曜

Eテレ 午後11時30分～午前0時00分

21日

サイエンスZERO 「世界で最も精密 光格子時計」



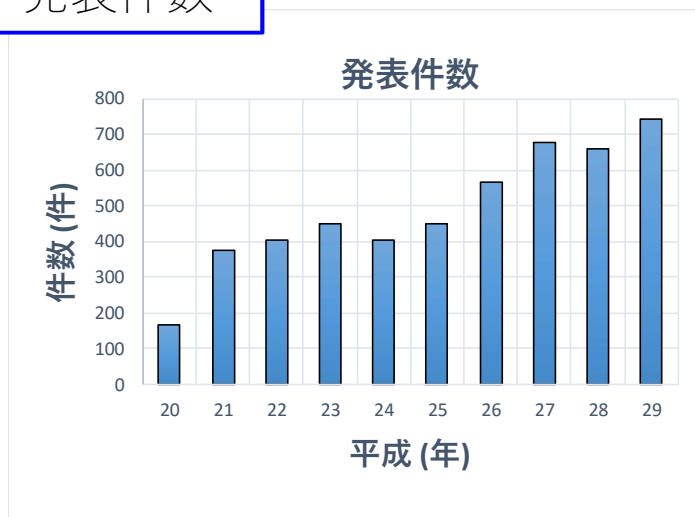
世界で最も精密に時を刻む「光格子時計」。アインシュタインが唱えた相対性理論の中に、重力と時の関係が言及されているが、今までは理論だった、その説を見事に実測によって証明してみせた。この時計の精度は驚異的で300億年にたった1秒ずれるだけ。いかにして開発に至ったのか、スタジオに開発者を招き、正確な時間を求めてきた人類史とあわせて深掘りする。

【ゲスト】東京大学教授…香取秀俊、【司会】小島瑠璃子、森田洋平、【語り】川野剛稔、原島梢

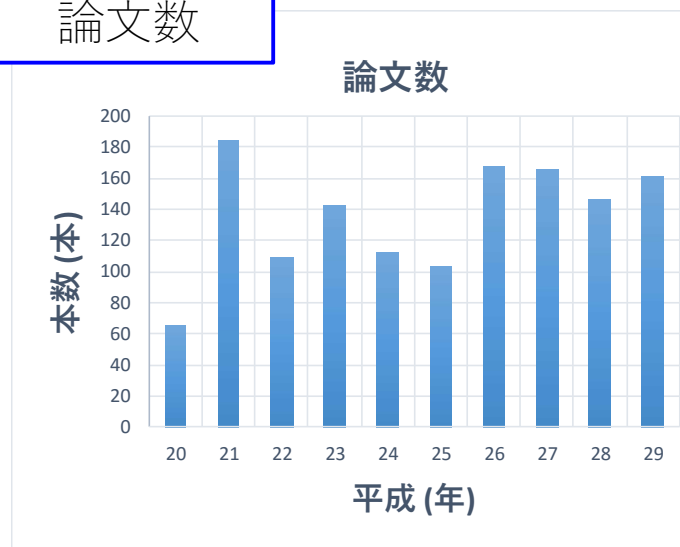
字幕放送

資料 (APSA全体)

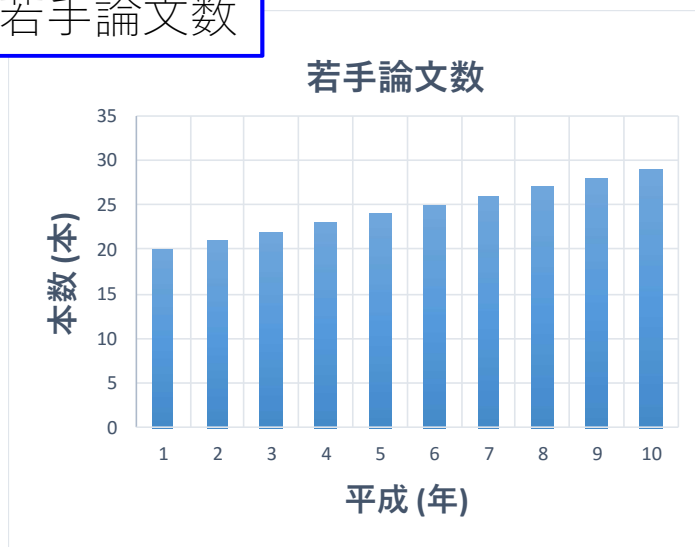
発表件数



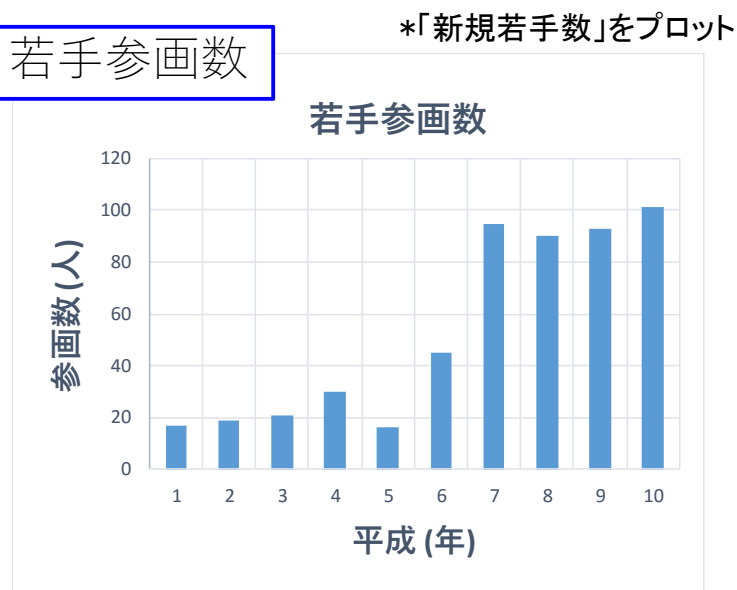
論文数



若手論文数



若手参画数



高度人材育成

APSAにおける人材育成

光拠点事業が10年事業として実施されたことにより、優秀な若手人材を確保し、研究に専念できる環境を構築できた。

光科学若手研究者育成プログラム

- 世界市場から公募
- スタートアップ資金
- 分野横断大学院教育のモデル事業



Nature
2009年
1月1日号
に揭示

特任准教授を採用：
4年4か月後に教授に
昇任

- 時代に流されることなく、一定の期間、自らの信念と熱意とアイデアで研究を継続できること
- 周りにその活動を支える人と設備があること
- 競争をしなくても基盤的な研究費が手当されること

今一番必要とされる環境を提供できた

30名を超える研究員の雇用（平均雇用期間：約2年半、4年以上9名）リーディング大学院などの新しい施策も立ち上がった。

光拠点事業なしには、実現しなかったと考えている。

本プログラムで行う人材育成事業の紹介1



CORAL事業との連携
による博士人材育成

先端光科学実験実習課題を本事業の 支援により提供

- ・ 博士課程学生をTAとする
- ・ カリキュラム & テキスト執筆
- ・ 修士学生の指導補助
- ・ 実験教材の開発

大学提供の課題：H20の例
○ 先端分光計測のための光学の基礎
○ 光子相関係数法とその応用

課題解決型公募研究

目的：

- ・ 実践の場での課題抽出 & 解決力を養う
- ・ 産業応用と基礎科学のバリアを越える
- ・ 産業界のからのニーズの収集

実施方法：

- ・ 企業および参加メンバーから現場で問題になっている課題について提案を募り、拠点内で公募
- ・ 応募対象者は若手研究者と大学院学生
- ・ 研究および調査を対象
- ・ 課題募集先企業は当面はCORAL参加企業を対象
- ・ 一課題50万円から200万円として、年数件（総額1,000万円程度）を実施
- ・ 融合横断的チームで取り組む
- ・ 光ネット内の共通設備の優先活用することを奨励

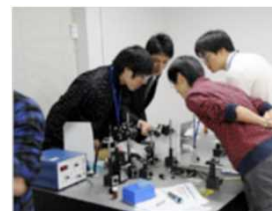
先端光量子科学人材育成プログラム

先端レーザー科学教育研究コンソーシアム (2007-)

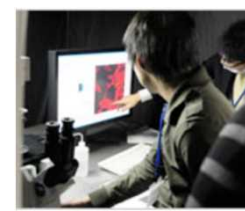
Consortium on Education and Research on Advanced Laser Science

- ・先端光産業技術者による修士課程向け出張実習および講義(2007-)
(大学に装置を持ち込んで実習)
 - 先端産業技術に触れる
 - 産業界でのキャリアモデル紹介
 - 先端産業技術と現代学理の融合
- ・電気通信大学、慶應義塾大学との単位互換(2008-)
 - 大学を超えた人的ネットワークの形成
- ・博士TAプログラム(2009-)
 - カリキュラム&テキスト執筆
 - 修士学生の指導補助
 - 実験課題・教材の開発

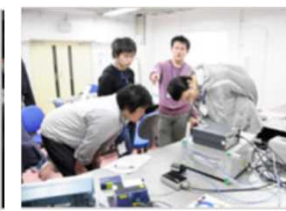
先端光科学技術を持つ企業**22社**の 研究者・技術者が指導



富士フイルム



オリンパス



アイシン精機



三菱ケミカル



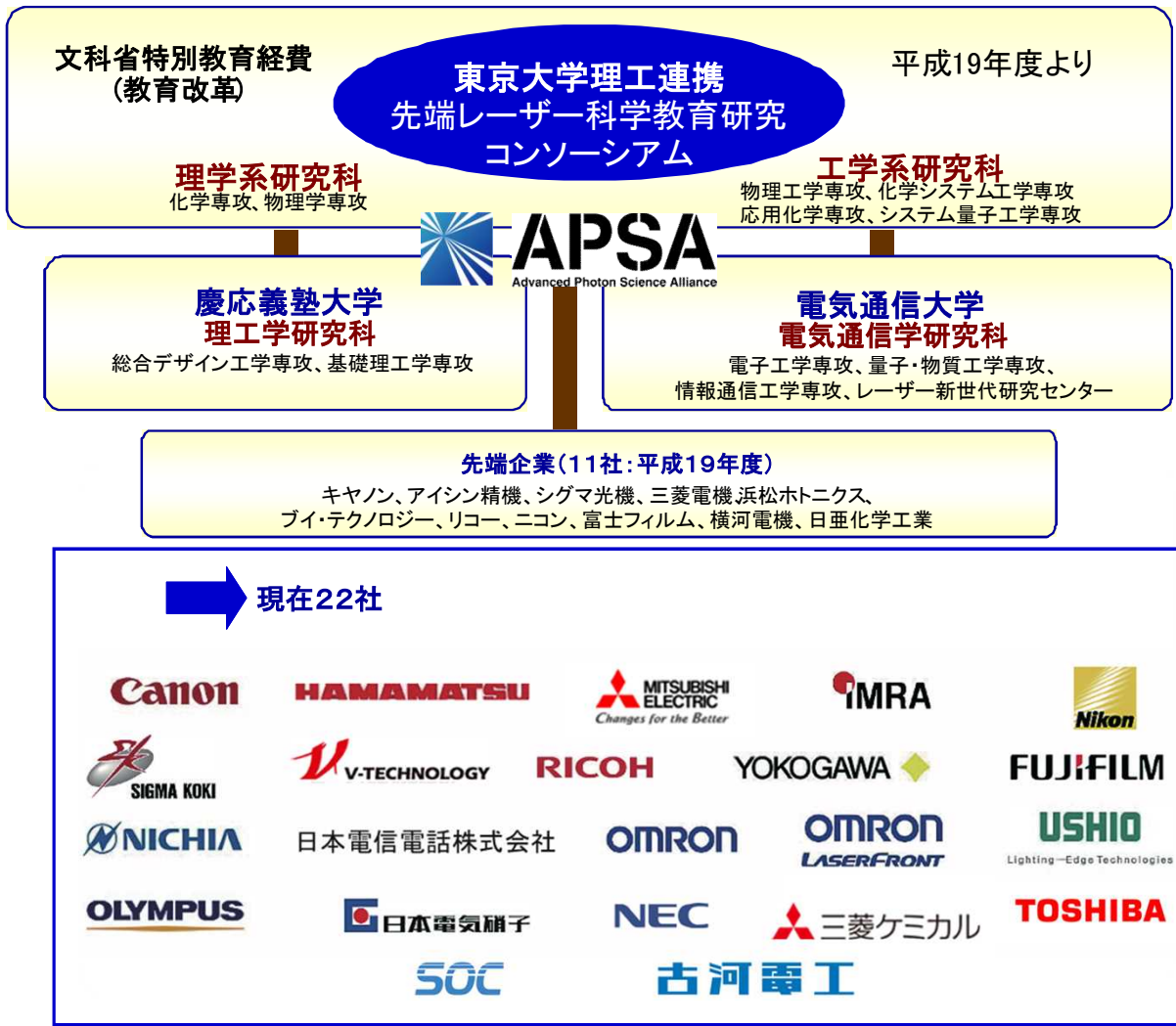
日本電気株式会社
大橋先生: 表面プラズモン
増強のエレクトロニク
スへの応用



平成29年度: 前期95名、後期70名
(平成22年度: 前期56名、後期44名)

- 実習強化
- TAの導入 (平成29年度のべ8名)

CORAL・APSAにおける機関連携



植田教授: 重力波天文学が生み出した新しいレーザー技術

米田教授: 非線形光学実験



先端光科学講義・実験実習の内容を纏めた教科書を発行
 先端光科学入門（2010年）、先端光科学入門 2（2011年）

APSAとの連携により、TAの採用、設備の充実が実現→平成23年度より恒久事業化



東京大学 精密工学科・バイオエ
ンジニアリング専攻 講師

中川 桂一

Sequentially Timed All-optical Mapping Photography (STAMP)



K. Nakagawa et al.
Nature Photonics 8, 695 (2014)

素人がSTAMPをつくるまで



岩崎先生
(東京大学)



神成先生
(慶應大学)

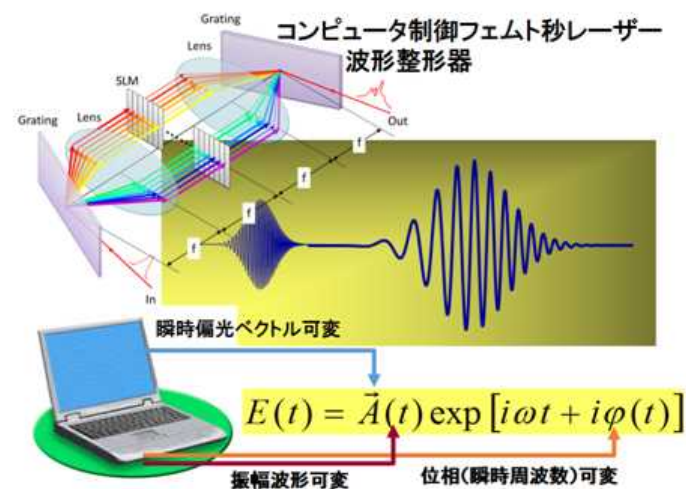


大石先生
(KEK)

D1冬・D2夏



Coralのホームページより引用



神成研のホームページより引用

先端光量子科学アライアンスセミナー

拠点参加機関の合同でのセミナーの実施

第1回

日時：平成20年12月25日、午後1時から午後3時30分
場所：東京大学本郷キャンパス工学部6号館セミナー室A



講師：小林洋平氏
(東京大学物性研究所
先端分光研究部門准教授
当時)



40名を越える研究者、大学院生が参加

先端光量子科学アライアンスセミナー

	場所	開催日時	テーマ
第1回	東大	2008年12月25日	レーザー作製法
第2回	慶応大	2009年3月27日	完全光波制御
第3回	理研	2009年7月8日	アト秒光源と計測
第4回	電通大	2009年10月27日	周波数基準の超高精度伝送、光によるDNA操作
第5回	東大	2009年12月22日	高強度光の科学、時空間コヒーレント制御、ゆらぎの物理
第6回	東工大	2010年3月8日	光のアンテナ、光学材料としてのシリカガラス
第7回	慶應大	2010年3月15日	ナノオプティクス・ナノフォトニクス
第8回	理研	2010年10月21日	非線形光学顕微鏡、メタマテリアル
第9回	東大	2010年12月22日	テラヘルツ電磁波
第10回	慶應大	2011年3月8日	光周波数コム
第11回	東工大	2011年7月20日	電磁メタマテリアル、シリカガラス
第12回	電通大	2011年11月30日	先端光技術：加工と材料
第13回	東大	2011年12月5日	量子情報
第14回	慶應大	2012年3月6日	フォトニック結晶の基礎と究極的な光操作への展開
第15回	東工大	2012年8月29日	超高速光機能、高機能石英ガラス
第16回	電通大	2012年11月20日	量子もつれ、イオントラップ
第17回	東大	2012年12月18日	光とバイオ
第18回	慶應大	2013年3月11日	人工ナノ構造の光物性の基礎と光・物質制御への展開
第19回	東工大	2013年10月3日	光と物質の相互作用
第20回	電通大	2013年11月29日	ファイバーレーザー技術
第21回	東大	2013年12月25日	光とプロセッシング
第22回	慶応大	2014年3月1日	テラヘルツセンシング技術の最前線：デバイス開発から基礎・応用研究まで
第23回	東工大	2014年7月9日	太陽光利用技術
第24回	理研	2014年9月5日	テラヘルツ光源・フェムト秒レーザー加工
第25回	東大	2014年12月22日	冷却原子
第26回	慶応大	2015年3月9日	先端光科学におけるフーリエ光学応用
第27回	理研	2015年10月16日	3次元メタマテリアル・エクサビット情報社会に向けた光通信の新たな挑戦
第28回	電通大	2015年11月18日	量子もつれ光子のフーリエ光学・光子で光子を操る
第29回	東大	2015年12月18日	アト秒・強光子場科学
第30回	慶応大	2016年3月17日	ナノ・マイクロファブリケーションを活用した光科学の展開
第31回	東工大	2016年9月2日	有機EL照明の新展開・フォトニック結晶ナノレーザを用いたバイオセンサ
第32回	東大・理研	2016年12月1日	光と生命
第33回	慶応大	2017年3月3日	光周波数コムの新展開
第34回	東工大	2017年7月4日	X線レーザー・ガーネット蓄光型蛍光体の電子構造と光機能設計
第35回	理研	2017年8月26日	2nd International Symposium on Attosecond Science
第36回	電通大	2017年12月8日	重力波検出～初検出に続く科学・ファイバ光コム
第37回	東大	2017年12月14日	光科学10年の進展
第38回	慶応大	2018年3月2日	光周波数コムの新展開

光拠点事業：10年事業

光拠点事業が10年事業として実施されたことにより、優秀な若手人材を確保し、研究に専念できる環境を構築できた。

その成果として、この事業期間中に、昇任を含む人材流動が活性化している。

また、民間企業への展開も進んだ。



理論研究にも
お金がかかります！

東京大学大学院工学系研究科 教授

石川 顕一
ISHIKAWA Kenichi

研究プロジェクト 先端光量子科学アライアンス

研究テーマ 高電磁場・アト秒量子ダイナミクス理論

高強度のレーザーに照射された原子や分子は、トンネルイオン化や高次高調波発生と呼ばれる趣味的に非線形で興味深い振る舞いを示します。しかしこれらの現象はとても複雑で、実験だけでは説明できません。そこで私の研究室では、高強度レーザーやアト秒レーザーに照らされた原子や分子の中で、電子がどのように動くのかを量子力学に基づいた第一原理計算で理論的に解き明かそうとしています。私たちの研究成果は、電子の動きを観測したり、自由自在に操ったりする究極のテクノロジーにつながります。

ひとくちに光科学の研究といっても、光子一つ一つを精密に制御するものから、真空を破壊しようとするものまで様々です。私が参画している最先端の光の創成を目指したネットワーク研究拠点プログラムの先端光量子科学アライアンスでは、光をキーワードにきわめて広いスペクトルの若手研究者と学生が日常的に交流することで成長し、新しい学術を生み出しています。日本と地球の未来に「光あれ！」



開発されている
thin-diskです

株式会社オキサイド

中尾 博明
NAKAO Hiroaki

研究プロジェクト 次世代高出力高強度レーザーの開発
2009年4月～2015年3月

研究テーマ セラミック thin-disk レーザーの開発
2009年4月～2015年3月

電気通信大学大学院情報理工学系研究科先達理工学専攻を修了し、現在は株式会社オキサイドにてレーザー光源の開発に携わっています。

在学時は、レーザー新世代研究センターにて「次世代高出力高強度レーザーの開発」を合言葉に、新レーザー材料であるセラミック材料を用いた100W級 thin-disk レーザーの開発を行いました。

材料評価からレーザーシステム開発までの総合的な研究は、世界でも稀なこともあり、また、研究方法も多様で大部分が未知でした。その意味では、光拠点の枠組みの中で比較的長期的計画で認めていただき、基礎から要素技術までを十分にやりつくすことができました。

また、研究以外にも、拠点内で行われている ETL 等の教育プログラムや各種シンポジウム、John Hall 先生との懇談会などと、刺激を受ける機会に恵まれました。

これまでの経験を活かし、企業だから・大学だからという固定観念に捕らわれず、様々な人・仕事と関わって行きたいと思っております。

産業振興

APSAからレーザー加工へ

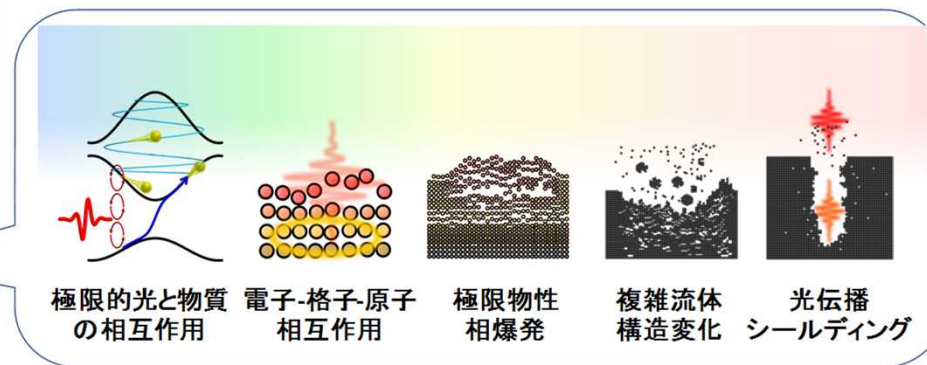
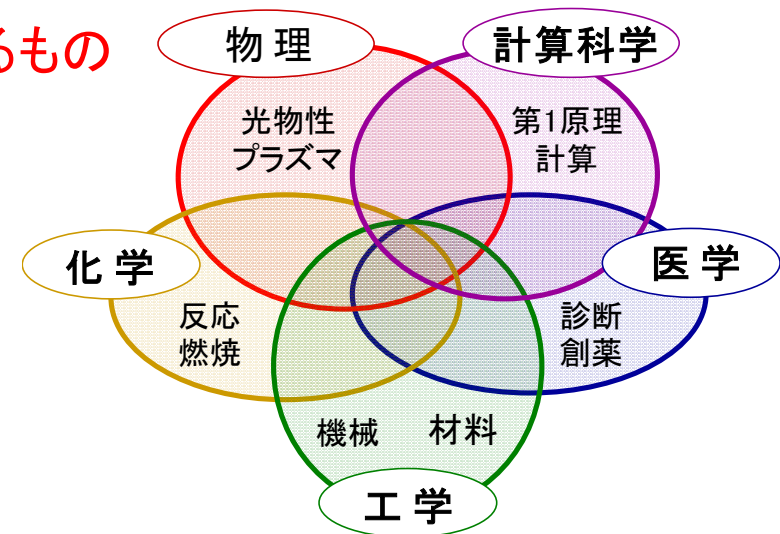
APSAの研究課題

極超短パルス光源、汎用小型安定新型高出力レーザー開拓開発
新しい光を生み出すための物質材料科学、光子場中の物質の変化

⇒レーザー加工の物理・技術のベースとなるもの

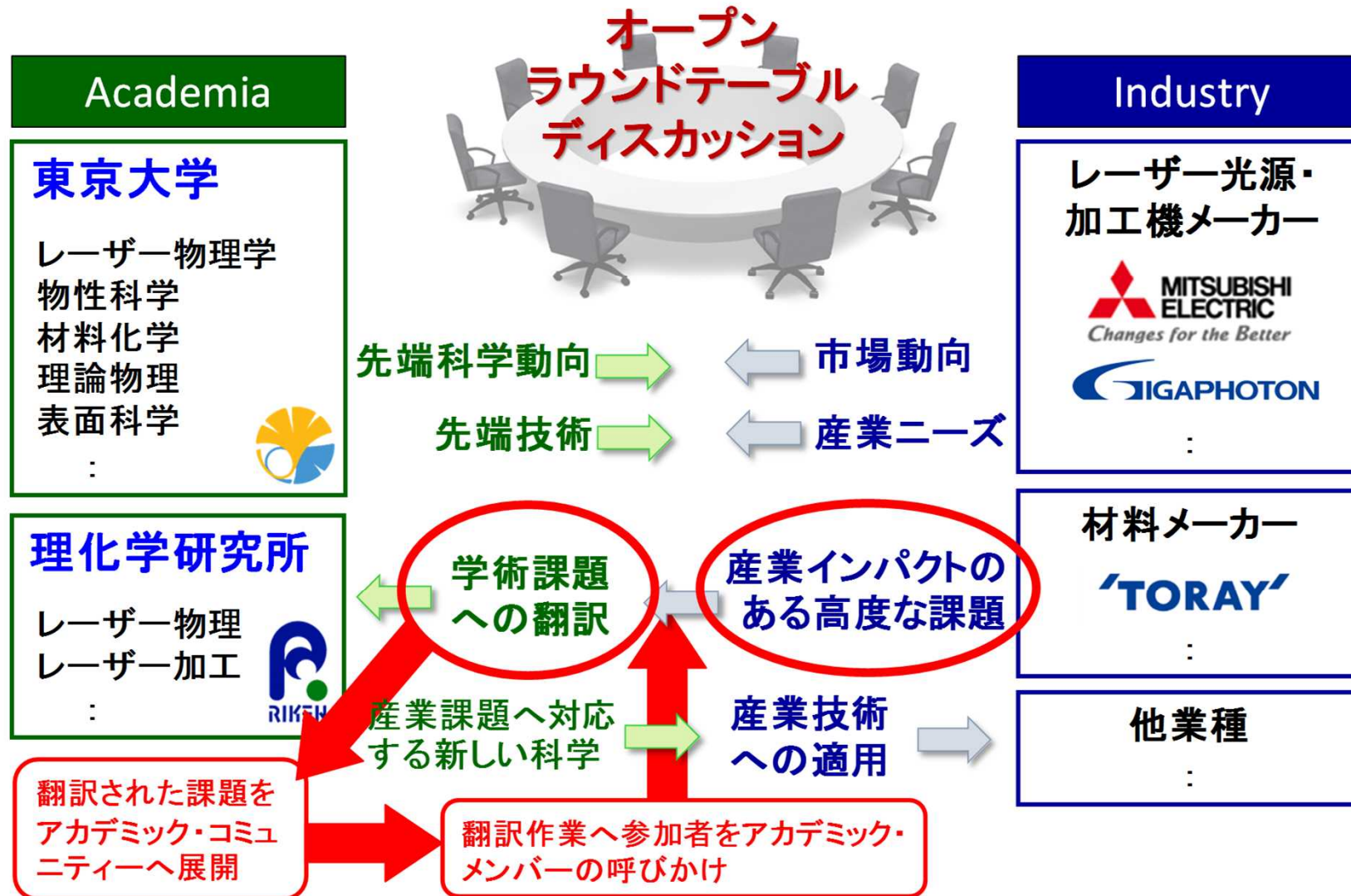
物理学から見たレーザー加工

- 熱過程、非熱過程の混合
- 物理プロセスと化学プロセスの混合
- 非線形, 非平衡, 開放系,
マルチスケール, マルチディシプリナリ



これらすべてを、理論的にも、実験的にも、実践的にも扱えるようになることを目指す

ICCPT: R&D戦略の立案



APSA: 課題解決型公募研究の実践

今後の展開

中核テーマの展開

光格子時計：
「秒」の定義として採択へむけて

新しい応用展開：地球計測・測地
など

アト秒科学：
新しい学問分野を正しく定義する
光源技術と利用技術のバランス

レーザー・材料技術
常に最先端を目指す
利用可能な技術として展開する

未来社会創造事業：通信・タイムビジネスの市場
獲得等につながる超高精度時間計測
クラウド光格子時計による時空間情報基盤の構築

COI STRAM :ビジョン3
コヒーレンフオン技術によるイノベーション拠点

NEDO
高輝度・高効率次世代レーザー技術開発

Q-LEAP:次世代レーザー領域
先端レーザーイノベーション拠点

SIP:光・量子を活用したSociety5.0実現化技術
CPS型レーザー加工機システムによるスマート製
造推進拠点

APSAの成功モデルを踏襲し、コア課題を軸に、基盤的知見を広く波及させる枠組み構築し、社会課題へフィードバックに加え、人材育成・個別課題のプロジェクトとコヒーレントに連携し推進していく、研究開発エコシステムが必要

【Flagshipプロジェクト】「次世代レーザー」の採択課題

採択課題 先端レーザーイノベーション拠点

研究代表者 東京大学 藤井 輝夫 執行役・副学長（代表代行）東京大学 石川 顕一 教授

（共同研究機関）①「光量子科学によるものづくりCPS化拠点」

慶應義塾大学、理化学研究所、電気通信大学、量子科学技術研究開発機構、大阪大学など

②「次世代アト秒レーザー光源と先端計測技術の開発」

理化学研究所、量子科学技術研究開発機構、物質・材料研究機構、高エネルギー加速器研究機構、分子科学研究所、シグマ光機(株)、東海光学(株)、(株)トヤマなど

概要 サイバー空間での加工シミュレーションのみで最適な加工パラメータを提案できるCPS型レーザー加工（シミュレータ）の開発及び化学反応のメカニズムの解明等に必要アト（ 10^{-18} ）秒パルス光源と本光源を用いた先端計測機器等の開発を一体で実施

研究開発目標

①「光量子科学によるものづくりCPS化拠点」

サイバー空間での加工シミュレーションのみで最適な加工パラメータを提案できるCPS型レーザー加工（シミュレータ）を開発

②「次世代アト秒レーザー光源と先端計測技術の開発」

高繰り返し型及び高強度型アト秒パルス光源のプロトタイプを開発し、開発した光源を用いた先端計測機器等のプロトタイプを開発

マイルストーン

①「光量子科学によるものづくりCPS化拠点」

5年目 人工知能（AI）を活用した加工パラメータの予測を行うAI-CPS型レーザー加工（シミュレータ）の開発

10年目 レーザー加工学理に基づいたシミュレーションにより加工パラメータ予測を行う学理CPS型レーザー加工（シミュレータ）の開発

②「次世代アト秒レーザー光源と先端計測技術の開発」

5年目 アト秒パルス光源として高繰り返し型（10 kHzの孤立パルス）及び高強度型（1 GWの孤立パルス）を開発

10年目 先端計測機器のプロトタイプ機等を開発し、基礎・応用研究に利用できる環境を整備

出口戦略

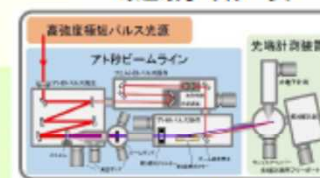
- ・Flagshipプロジェクトにとどまらず、他のコンソーシアム等と連携した持続可能な産学協創エコシステムとして推進
- ・研究開発を行う過程で、随時成果を社会実装することを目指す。

研究基盤の強化・次世代人材の育成

- ・先端光量子科学アライアンス（APSA）等を発展的に継承し、オールジャパンのネットワーク型連携体制を形成、日本発の新しい科学・技術の創出、基礎基盤研究を強化
- ・10年事業としての意義を活かし、日本の新たな強みとなる学術を生み出し次世代を先導する卓越した若手人材を育成
- ・最優秀の博士課程学生をプロの研究者として支援する制度を新設
- ・産業界との連携に携わる学生等を研究員として雇用を実施

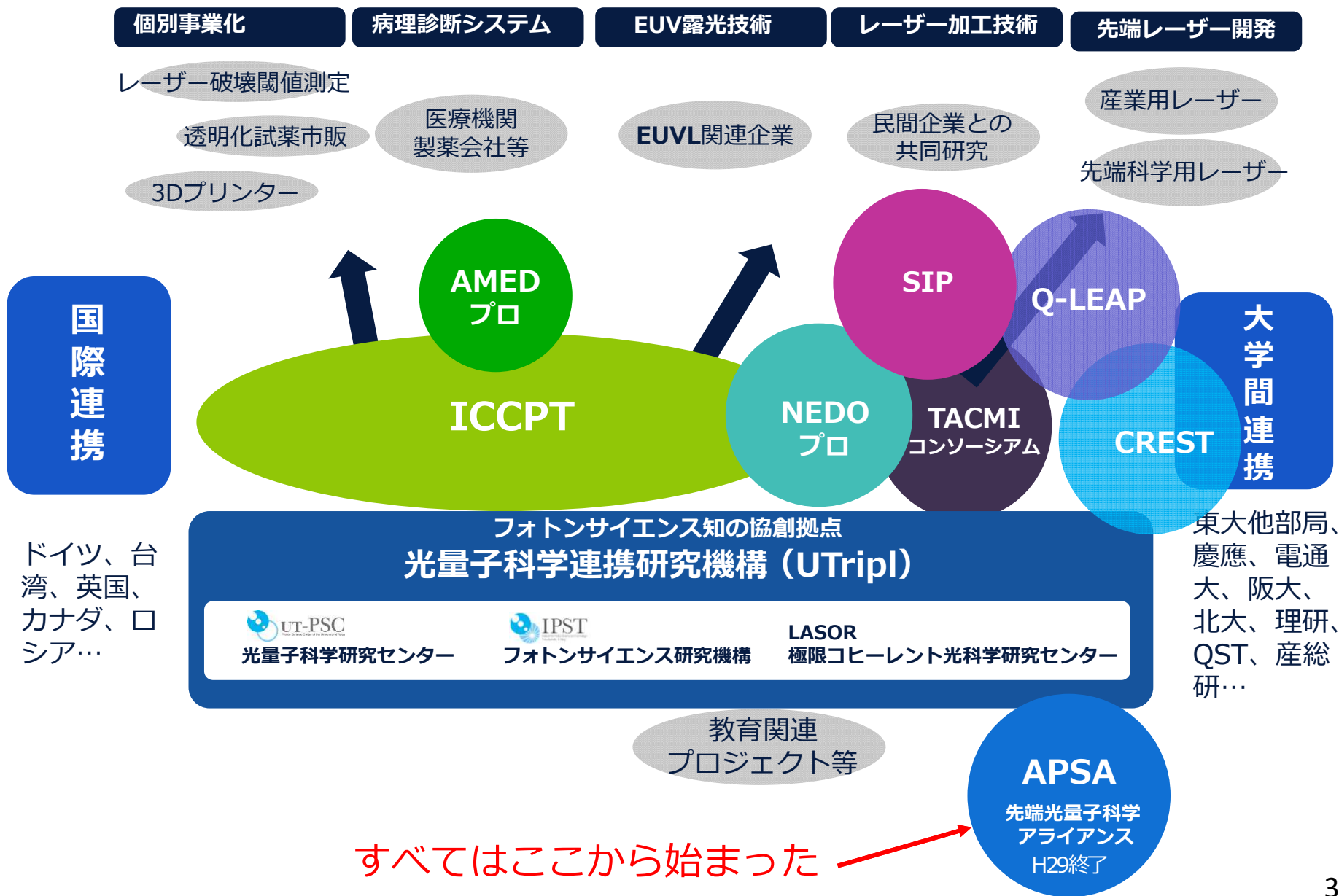


CPS型レーザー加工（シミュレータ）開発の進め方（イメージ）



先端計測機器のプロトタイプ機（イメージ）

フotonサイエンス知の協創プラットフォームの現状



まとめ

- 研究開発は当初の目標を達成した。
- 人材育成に関しては、大学院改革を含む大きな流れの源流となった。
- 開発を進めた基盤技術の融合から、新たな産業展開が生まれた。
- 光を横串とする連携研究体制は、新しいプロジェクトに引き継がれている。
- これらの活動を支える組織整備を進め、さらに大きな活動に展開している。

代表的論文

東大

1. T. Takano, M. Takamoto, I. Ushijima, N. Ohmae, T. Akatsuka, A. Yamaguchi, Y. Kuroishi, H. Munekane, B. Miyahara, and H. Katori, “Geopotential measurements with synchronously linked optical lattice clocks”, *Nat. Photon* 10, 662 (2016).
東京大学(東京都文京区)と理化学研究所(埼玉県和光市)に光格子時計を設置し、2台の時計の相対論的な時間の遅れを高精度に測定することで、2地点間の標高差を5センチメートルの精度で測定することに成功した。被引用数:73
2. K. L. Ishikawa, Nonlinear optical response of graphene in time domain, *Phys. Rev. B* 82, 201402(R)-1~4 (2010).
後に実験的に実証されるグラフェンからの高次高調波発生を予言し、現在ホットトピックとなっている固体高次高調波のさきがけとなった。被引用数:167
3. T. Kan, A. Isozaki, N. Kanda, N. Nemoto, K. Konishi, H. Takahashi, M. Kuwata-Gonokami, K. Matsumoto, and I. Shimoyama, “Enantiomeric Switching of Chiral Metamaterial for Terahertz Polarization Modulation Employing Vertically Deformable MEMS Spirals.” *Nature Communications* 6, no. 1 (December 2015).
MEMS金属スパイラルアレイ構造に対して垂直方向への変形を加えることによってキラリティーを発現させ、透過するテラヘルツ波の偏光回転の大きさと符号をアクティブに制御できることを示した。MEMS技術とメタマテリアルを融合させ、構造のキラリティースイッチングの初めての成功例である。被引用数:81
4. K. Konishi, T. Higuchi, J. Li, J. Larsson, S. Ishii, and M. Kuwata-Gonokami, “Polarization-Controlled Circular Second-Harmonic Generation from Metal Hole Arrays with Threefold Rotational Symmetry.” *Physical Review Letters* 112, no. 13 (April 2, 2014).被引用数:56
5. M. Sakano, K. Okawa, M. Kanou, H. Sanjo, T. Okuda, T. Sasagawa & K. Ishizaka, “Topologically protected surface states in a centrosymmetric superconductor β -PdBi₂”, *Nature Communications* volume 6, Article number: 8595 (2015)
超高分解能角度分解光電子分光と第一原理計算により、超伝導体PdBi₂においてトポロジカルに非自明な電子構造が実現することを解明し、時間反転対称性により保護されたスピン偏極表面状態が存在する様子を実観測した。被引用数:38

理研

1. “Y. Nabekawa, A. A. Eilanlou, Y. Furusawa, K. L. Ishikawa, H. Takahashi, and K. Midorikawa, “Multi-terawatt laser system generating 12-fs pulses at 100 Hz repetition rate,” Appl. Phys. B 101, pp. 523–534 (2010).
高強度アト秒パルス列発生のための繰り返し100Hzの励起レーザー光源を開発 被引用数:36
2. E. J. Takahashi, P. F. Lan, O. D. Mücke, Y. Nabekawa, and K. Midorikawa, “Attosecond nonlinear optics using gigawatt-scale isolated attosecond pulses,” Nat. Commun. 4, 2691 (2013).
赤外2波長法を用いて世界最強のGWクラスの単一アト秒パルス光源を開発 被引用数:219
3. T. Okino, Y. Furukawa, Y. Nabekawa, S. Miyabe, A. A. Eilanlou, E. J. Takahashi, K. Yamanouchi, and K. Midorikawa, “Direct observation of an attosecond electron wave packet in a nitrogen molecule,” Science Advances 1, e1500356 (2015).
世界で初めて分子内のアト秒電子波束を観測 被引用数:29
4. Y. Nabekawa, Y. Furukawa, T. Okino, A. A. Eilanlou, E. J. Takahashi, K. Yamanouchi, and K. Midorikawa, “Settling time of a vibrational wavepacket in ionization,” Nat. Commun. 6, 8197 (2015).
光イオン化過程で生成される分子振動波束の形成に1フェムト秒の時間遅れがあることを直接観測 被引用数:15
5. Y. Nabekawa, Y. Furukawa, T. Okino, A. A. Eilanlou, E. J. Takahashi, K. Yamanouchi, and K. Midorikawa, “Sub-10-fs control of dissociation pathways in the hydrogen molecular ion with a few-pulse attosecond pulse train,” Nat. Commun. 7, 12835 (2016).
高強度アト秒パルスをもちいて分子の解離過程の超高速制御に成功 被引用数:24

電通大

1. A. Shirakawa, H. Maruyama, K. Ueda, C. B. Olausson, J. K. Lyngsø, and J. Broeng, “High-power Yb-doped photonic bandgap fiber amplifier at 1150–1200 nm,” *Opt. Express*, vol. 17, no.2, pp.447–454 (2009).
世界で初めてフォトリックバンドギャップファイバーで利得スペクトル制御ファイバー増幅器を実証した。被引用数:131
2. H. Nakao, A. Shirakawa, K. Ueda, H. Yagi, T. Yanagitani, B. Weichelt, K. Wentsch, M. Abdou Ahmed, and T. Graf, “Demonstration of a Yb³⁺-doped Lu₃Al₅O₁₂ ceramic thin-disk laser,” *Opt. Lett.* vol.9, no.10, 2884–2887 (2014).
セラミック材料で世界で初めて100W級のthin-diskレーザー動作を実証した。被引用数:11
3. M. Tokurakawa, E. Fujita, and C. Kränkel, “Kerr-lens mode-locked Tm³⁺:Sc₂O₃ single-crystal laser in-band pumped by an Er:Yb fiber MOPA at 1611 nm,” *Opt. Lett.* 42, 3185–3188 (2017)
波長2.1 μm帯Tm固体レーザーに、従来と異なる1.6 μm帯ファイバーレーザー励起を適用し、Tm固体レーザーでは世界初となるカーレンズモード同期発振によって約100fsのパルス発生に成功した。被引用数:6
4. Highly uniform holographic microtrap arrays for single atom trapping using a feedback optimization of in-trap fluorescence measurements, Hikaru Tamura, Tomoyuki Unakami, Jun He, Yoko Miyamoto, and Ken'ichi Nakagawa, *Optics Express* 24, 8132–8141 (2016).
冷却原子を1個ずつ任意の空間配置にトラップする方法を開発し、Rydberg原子を用いた量子シミュレーターの実現に大きく貢献した。被引用数:12
5. Saturable absorption of intense hard X-rays in iron Hitoki Yoneda, Yuichi Inubushi, Makina Yabashi, Tetsuo Katayama, Tetsuya Ishikawa, Haruhiko Ohashi, Hirokatsu Yumoto, Kazuto Yamauchi, Hidekazu Mimura and Hikaru Kitamura, *Nature Communications* volume 5, Article number: 5080 (2014)
ハードX線領域で初めて非線形光学現象を観測し、X線領域での量子光学研究の最初のステップを作った。被引用数:63

慶応大

1. Y. Honda, W. Yoshiki, T. Tetsumoto, S. Fujii, K. Furusawa, N. Sekine, and T. Tanabe, "Brillouin lasing in coupled silica toroid microcavities," *Appl. Phys. Lett.*, Vol. 112, 201105 (5 pages) (2018). (Featured Article)
超狭線な発振が期待されるブリリュアンレーザを高Q値結合共振器を用いることで、世界最小級の低閾値で実現した。
2. Takakazu Suzuki¹, Ryohei Hida¹, Yuki Yamaguchi¹, Keiichi Nakagawa, Toshiharu Saiki¹, and Fumihiko Kannari, "Single-shot 25-frame burst imaging of ultrafast phase transition of Ge₂Sb₂Te₅ with a subpicosecond resolution," *Appl. Phys. Express* vol.10 092502 (2017)
我々のオリジナルな手法である世界最高速の単一ショットバーストイメージング法STAMPを25フレーム計測に拡張し、Ge₂Sb₂Te₅のレーザー誘起超高速相変化過程を時間窓3.3 ps内で133 fs間隔で25枚の2次元フレームショットに治めることに成功した。被引用数: 7
3. M. Okano and S. Watanabe, "Anisotropic optical response of optically opaque elastomers with conductive fillers as revealed by terahertz polarization spectroscopy," *Sci. Rep.* **6**, 39079 (2016).
カーボン複合材料である黒色ゴム物質の異方的なテラヘルツ光学応答を発見し、延伸に伴う誘電率変化を複合物質モデルで解釈することに成功した。被引用数: 13
4. T. Hira, T. Homma, T. Uchiyama, K. Kuwamura, Y. Kihara, and T. Saiki, "All-optical switching of localized surface plasmon resonance in single gold nanosandwich using GeSbTe film as an active medium", *Applied Physics Letters*, vol. 106, no. 3, pp. 031105/1-5 (2015).
単一のAu nanorod/GeSbTe/Au film MIM構造に対して、GeSbTeのアモルファス化・再結晶化にともなう巨大なプラズモン共鳴スイッチングを近赤外分光により実証した。相変化材料を用いた可逆的スイッチングをはじめて実証した研究である。被引用数: 19
5. Shota Sawai, Aruto Hosaka, Hikaru Kawauchi, Kenichi Hirose, and Fumihiko Kannari, "Demonstration of a Ti:sapphire mode-locked laser pumped directly with a green diode laser," *Applied Physics Express*, vol.7, 022702 (2014)
世界ではじめてInGaN緑色半導体レーザーを励起に用いたチタンサファイアモード同期フェムト秒レーザー発振器を実現した。被引用数: 42

東工大

1. Nozomi Nishizawa and Hiro Munekata: Efficient spin injection through a crystalline AlOx tunnel barrier prepared by the oxidation of an ultra-thin Al epitaxial layer on GaAs; J. Appl. Phys. 114, 033507 1-7 (2013).
発光ダイオードに安定にスピン注入できる界面形成に関する3年がかりの仕事。その後のブレークスルーが可能となった材料学的基盤である。被引用数:19
2. Nozomi Nishizawa, Kazuhiro Nishibayashi and Hiro Munekata: A spin light emitting diode incorporating ability of electrical helicity switching; Appl. Phys. Lett. 104, 111102 1-4 (2014).
電氣的円偏光発光切り替え機能を備えた世界初の実験報告。材料から新規光デバイスへの展開契機となった。被引用数:17
3. Kazuhiro Nishibayashi, Hitoki Yoneda, Kiyoshi Kuga, Takashi Matsuda, and Hiro Munekata: Demonstration of polarization modulated signals in a multi-mode GdFe-silica hybrid Fiber; Appl. Phys. Lett. 106, 151110 1-5 (2015).
磁気光学効果を活用した光多重伝送の可能性を拓いた5年がかりの仕事。光アライアンスを介した共同研究でなければ到達できなかった。被引用数:2
4. Takashi Matsuda and Hiro Munekata: Mechanism of photoexcited precession of magnetization in (Ga, Mn)As on the basis of time-resolved spectroscopy; Phys. Rev. B 93, 075202 1-8 (2016).
光励起の非熱的過程によって磁化の高速変調が可能であることを8年におよぶ研究期間を通して確立。被引用数:4
5. Nozomi Nishizawa, Kazuhiro Nishibayashi, and Hiro Munekata: Pure circular polarization electroluminescence at room temperature with spin-polarized light-emitting diodes; Proceedings of National Academy of Science of United States of America (PNAS), 114, 1783-1788 (2017)
[1][3]を発展させ、世界に先駆けて室温純粋円偏光発光ダイオードを実現した仕事。被引用数:12