

平成 26 年 3 月 27 日

光量子工学研究が達成すべき社会的課題に向けた 研究開発戦略の策定について

光量子工学研究領域
領域長 緑川克美

光量子工学研究領域は、第 3 期中期目標、第 3 期中期計画、平成 25 年度年度計画において示された平成 25 年度中に明らかにする優先順位の高い社会的課題、重要な社会的課題達成に貢献することを目指した研究開発の戦略について検討を進めて来た。検討の結果、光量子工学研究領域として、以下を研究開発戦略とすることとした。

光量子工学研究が達成すべき社会的課題に向けた 研究開発戦略

1. ものづくりの高度化

ものづくりにおける微細 3 次元構造の大量製造技術ならびに品質検査を高度化する新規解析技術の開発

- ・ 超高繰り返しアト秒・フェムト秒レーザー光源によるナノ構造加工技術
- ・ テラヘルツ光を用いた化合物の品質検査技術

2. 安心・安全に向けた非破壊検査技術・非侵襲計測技術の確立

(1) 既存インフラ等における非破壊検査技術の確立

- ・ 小型中性子システムによる橋梁等インフラの非破壊検査技術
- ・ テラヘルツ光による電気インフラ等の非破壊検査技術
- ・ 小型・超高繰り返し高出力レーザー光源によるトンネル内壁等の非破壊検査技術

(2) 極限センシング計測による非侵襲計測技術の確立

- ・ アト秒レーザー・X 線・短波長光による物質ダイナミクスの計測
- ・ 中赤外レーザー・テラヘルツ光による 1 分子検出
- ・ 近接場・メタマテリアルの電場増感効果を用いた微量分析

(3) 超高速現象を時間追跡できるアト秒量子ビームの発生とその利用技術の開発

以上を達成するために必要な要素技術を含め、研究開発を実施する。

以上



理化学研究所
光量子工学研究領域
RIKEN Center for Advanced Photonics

平成26年3月

光量子工学研究が達成すべき社会的課題に向けた 研究開発戦略の策定について

1. ものづくりの高度化

ものづくりにおける微細3次元構造の大量製造技術ならびに品質検査を高度化する新規解析技術の開発

- ・超高繰り返しアト秒・フェムト秒レーザー光源によるナノ構造加工技術
- ・テラヘルツ光を用いた化合物の品質検査技術

2. 安心・安全に向けた非破壊検査技術・非侵襲計測技術の確立

(1) 既存インフラ等における非破壊検査技術の確立

- ・小型中性子システムによる橋梁等インフラの非破壊検査技術
- ・テラヘルツ光による電気インフラ等の非破壊検査技術
- ・小型・超高繰り返し高出力レーザー光源によるトンネル内壁等の非破壊検査技術

(2) 極限センシング計測による非侵襲計測技術の確立

- ・アト秒レーザー・X線・短波長光による物質ダイナミクスの計測
- ・中赤外レーザー・テラヘルツ光による1分子検出
- ・近接場・メタマテリアルの電場増感効果を用いた微量分析

(3) 超高速現象を時間追跡できるアト秒量子ビームの発生とその利用技術の開発

以上を達成するために必要な要素技術を含め、研究開発を実施する。

ものづくりの高度化に向けた新規技術の開発研究

現状・課題

- 我が国のものづくり産業は非常に厳しい環境下におかれているが、活力ある地域経済を実現するためには、新産業分野の市場化に向けたものづくり力の革新が不可欠。そのため、「低価格・コストダウン」「生産技術・量産技術+品質保証技術の確立」などを達成する既存技術の改良と新規技術の開発を同時に進めることが重要である。
- このような状況において、産業界では未踏の光であるテラヘルツ光の産業応用に期待が高まっているとともに、産業プロセスの自動化、高精度化が進むことが予想され、レーザーによる微細加工技術に対しては、制御性の向上だけでなく、従来の限界を超えた超微細領域での加工技術が求められている。

目標

- **化合物等の品質検査の精度向上・時間短縮・コスト削減を実現**
- **今まで不可能であった3次元微細機能発現構造の大量製造を実現**

テラヘルツを用いた化合物等の構造変化の直接解析

超高繰り返しアト秒・フェムト秒レーザー光源の開発

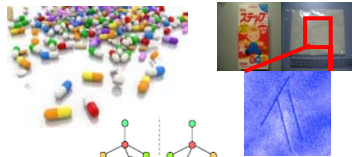
メタマテリアル構造を用いた化合物等の高感度センシングの実現

10MHz級フェムト秒レーザーとレーザー照射光学系の設計

想定される成果例

品質・安全性保証の問題

テラヘルツ観測による食品・薬品等の全数検査



副作用等の原因になる光異性体の混入を防止

食品パッケージ内の異物・残留物質検査 (写真は粉ミルク中の針)

全数検査による効率的な廃棄 (悪いもののみ破棄)

形成された構造物を迅速に品質保証する技術が存在しない!

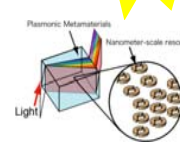
中性子・テラヘルツで複合材料 (セラミック、高分子材料、CFRP等) の内部欠陥を検



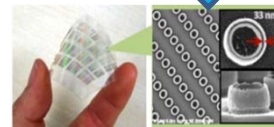
三次元造形された生体組織 (耳・骨等) スペースシャトルの耐熱タイル

精度の限界

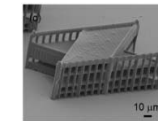
既存の方法ではナノサイズの3D構造は作れない!



超高繰り返しアト秒・フェムト秒レーザーの実現により、超微細レベルのメタマテリアル材料の3次元積層が可能に



高感度センシングデバイス等への応用



レーザーにより3D微細機能発現構造の積層を実現



マイクロリアクター内部にナノサイズの微細加工を施し反応溶液同士が効率よく混ぜる

- これまで不可能であった直接計測、内部計測による、迅速かつ正確なスクリーニングの実現によって**製造物の全数検査が可能に!**

- **今までよりも高精度の微細加工技術が可能に!**
- 現在のものづくりにおいて律速となっている、**ナノサイズでの3次元微細機能発現構造の製造、さらに量産が可能に!**

現在のプロセスを凌駕する**品質・安全性の向上、時間短縮、コスト削減**を実現し、ものづくりにおける**生産ラインのあり方を劇的に変化!**

物質の機能を劇的に向上させる**超微細構造の生産**や造形された構造物の**品質保証**を迅速かつ正確に行う**次世代3次元造形技術を実現!**



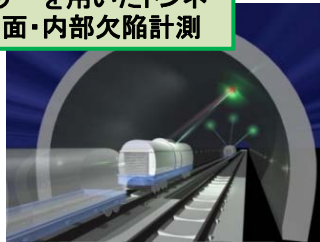
非破壊検査技術・非侵襲計測技術の確立

現
状
・
課
題

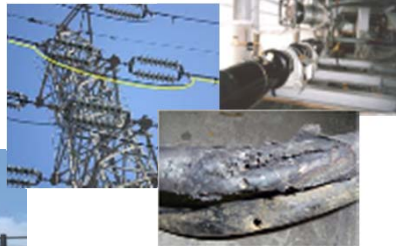
- 安全・環境保護・防災や資源探査、医療・診断等における技術の革新的進展をもたらすことは、身近な危険や異常を事前に察知できる安心・安全な社会の構築につながる。安心・安全な社会の構築のために、未踏領域の光の発生や、未踏光源を応用した非破壊検査技術・非侵襲計測技術の確立を目指す。
- 具体例として、橋梁等の大型構造物は、高度成長期に大量に建造されており、今後、大量の公共インフラが寿命を迎える。現状の公共事業費では、全ての橋梁・高速道路等を新造することは不可能であり、**非破壊検査技術の速やかな確立が必須**である。
- 現状では医療費の高騰が大きな社会問題である。これを抑制するためには、病気等の徴候を早期に検出することが不可欠であり、非侵襲での**微量検出・分析計測技術の確立が必須**である。また、農業分野においても、植物の育成過程の成分計測が農作物の安定的な生産につながる。

想定される成果例

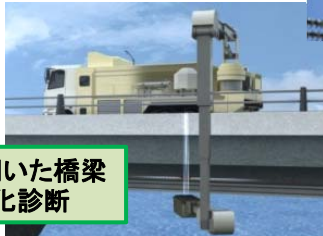
レーザーを用いたトンネル表面・内部欠陥計測



テラヘルツ光を用いた電カインフラ劣化診断

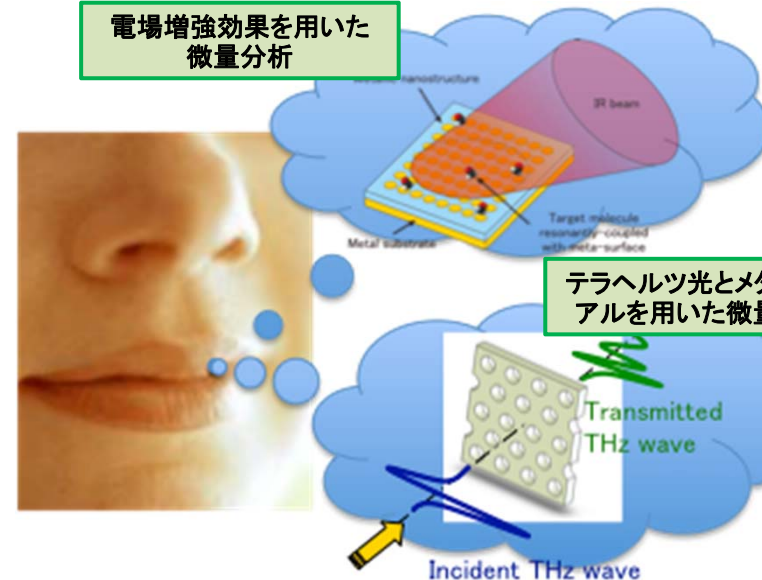


中性子を用いた橋梁等の劣化診断



多種多様なインフラに使われる多種多様な材料や、インフラの表面・内部・深部といった、計測箇所・条件に合ったビームテクノロジーを組み合わせることで、**安全かつ高速に、正確なインフラ診断評価の実現**

電場増強効果を用いた微量分析



テラヘルツ光とメタマテリアルを用いた微量検出

波長可変中赤外レーザーやテラヘルツ光とメタマテリアル等の電場増強素子を組み合わせ**非侵襲での微量検出・分析計測技術の確立。**

既存インフラにおける予防保全技術の確立

現状・課題

- 橋梁等の大型構造物は、高度成長期に大量に建造されており、今後、大量の公共インフラが寿命を迎える。国土交通省の試算によると、老朽化インフラにかかる更新費・維持管理費は2013年度で3.6兆円、10年後には1.4倍の4.3兆～5.1兆円に、20年後には4.6兆～5.5兆円になる見通しであり、**予防保全技術の速やかな確立が必須**である。
- このような中で、多種多様なインフラに使われる多種多様な材料や、インフラの表面・内部・深部といった、計測箇所・条件に合ったビームテクノロジーを組合せることで、**安全かつ高速に、正確なインフラ診断評価を実現**することが求められている。また、インフラ劣化診断のためのテラヘルツ・中性子基盤技術開発ためには、**強くコンパクトな光源と高感度の検出器が必須**である。

目標

- レーザーを用いた表面の欠陥検出、形状計測、光弾性波による内部欠陥計測**
- 車載可能な小型中性子源を用いた、橋梁等の非破壊検査**
- テラヘルツ光による電力インフラ等の劣化診断**

光干渉における遠隔検知と高い分解能レーザー計測の高速化
高速画像化システムの開発

周波数掃選型レーザーによる表面計測システムの開発

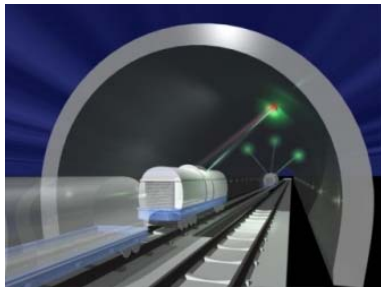
屋外使用時の放射線量の抑制
小型化軽量化の実現
診断システムとして予測診断ソフトの開発

高輝度超短パルス高速中性子加速器、レーザーの小型化
軽量遮蔽の開発

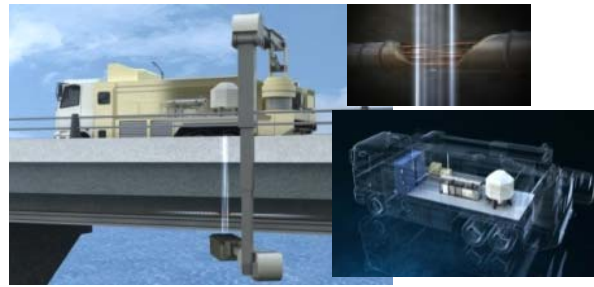
強力かつコンパクトなテラヘルツ光源開発
高感度の多素子テラヘルツ検出器実現

光源光学系の最適化
励起レーザー強度の増大による強度増強

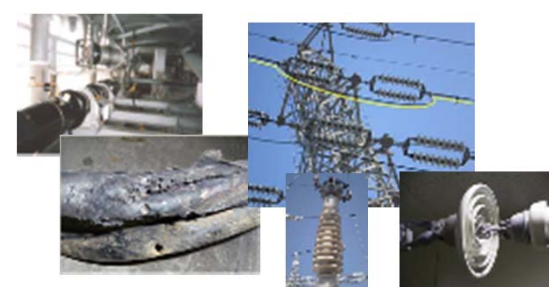
想定される成果例



車載が可能なコンパクトなレーザーを用いた**表面の欠陥検出、形状計測、光弾性波による内部欠陥計測**などトンネル等や港湾の老朽化の高速かつ高精度な自動化された点検・診断が可能に。

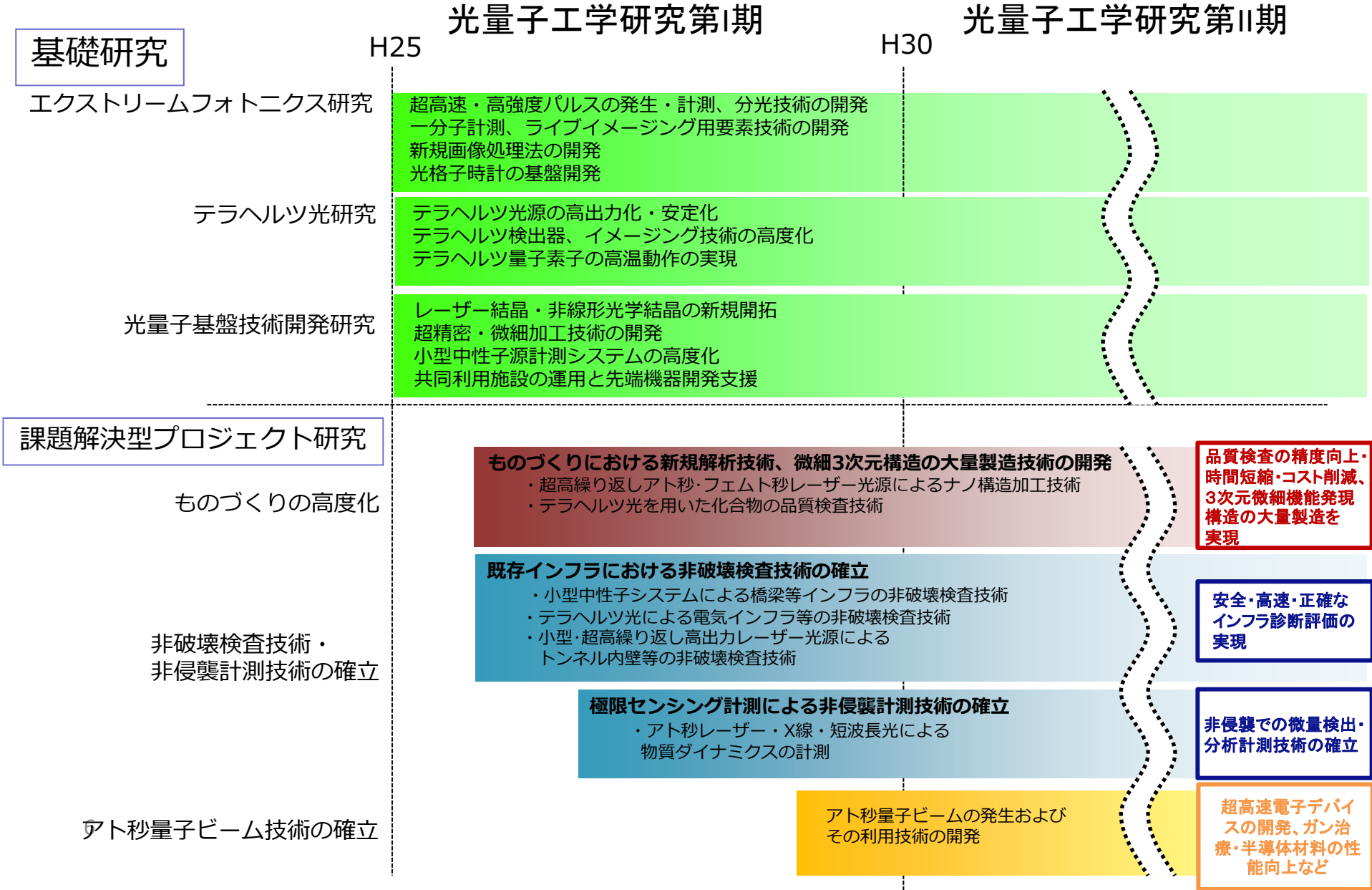


車載可能な小型中性子源を用いた**構造物内部の形状計測・欠陥検出**により、橋梁等や港湾の老朽化の高精度な点検・診断が可能に。



テラヘルツ光を用いたコンクリート材料以外の**電力インフラ等の劣化診断**が可能に。その他、ポイド・クラック等の内部空隙や機械応力による異常の検出も可能に。

光量子工学研究のロードマップ



アト秒光科学からアト秒量子科学へ

