

# 極短パルスレーザーに係るロードマップ (案)

1パルスの時間幅が非常に短いレーザー。化学反応等において電子が動く時間スケールであるアト( $10^{-18}$ )秒パルスレーザーの開発まで技術革新が進んでおり、光合成等の化学反応メカニズムの解明や、電子状態の制御による高性能電子デバイス等の開発が期待。

・ ナノスケール・超高速光電子デバイスへの道が拓ける  
 (例: スマートフォン型パソコンなど)

## 経済・社会インパクト

- 高繰返し型
- 高強度型
- 共通

- ・ 極短パルスレーザー加工の原理解明による利用の拡大
- ・ 狙った機能をもつ材料を効率的に合成するテーラーメイド物質創成が始まる  
 (例: 人工光合成物質、高効率触媒など)
- ・ 超スマート・省エネルギー社会を支える情報処理・通信デバイスや工業製品の開発が加速する  
 (例: スイッチングデバイスの超高速化、メモリの超高密度化、高温超伝導モーターの高性能化、トポロジカル量子デバイスなど)
- ・ 有機デバイスや高効率触媒、創薬の設計指針の開発につながる研究が加速する
- ・ 生体に対する放射線の影響の微視的メカニズム解明につながる研究が進展する

## 科学技術インパクト

- ・ 電子材料や新機能材料など物性の理解が深まり、超高速で動作する光電子デバイス(トランジスタ等)や光磁気デバイス(メモリ等)の設計指針の開発につながる研究が進展する
- ・ 高温超伝導の発現メカニズムの理解が深まり、高温超伝導体の設計指針の開発につながる研究が進展する。
- ・ 未解明の物理・化学現象に関する理解が深まり、基礎物理・化学における学理が進展する。  
 (例: 多電子相互作用、化学反応素過程、細胞内のエネルギー輸送などの解明)
- ・ テーブルトップのアト秒X線パルス源やアト秒分光装置が開発・商用化され汎用的に使われ始める
- ・ 加速器技術とテーブルトップのアト秒X線パルスの融合技術の登場
- ・ 外部利用者が簡易に操作できる小型装置が整備され始める

放射光施設や量子情報処理等との連携を促進

## (可能となる研究)

- ・ 気体分子の電子と原子核の超高速な動きの計測が可能
- ・ 電子材料(半導体、高温超伝導体、トポロジカル物質<sup>※1</sup>等)や新機能(光誘起相転移<sup>※2</sup>、磁性等)活用が期待される材料の電子と原子の超高速な動きやスピンの超高速フリップの計測が可能となり始める
- ・ ナノスケール空間分解能で物質の電子の動きの計測や化学反応の制御(電子や原子核の動きの制御)が可能となり始める
- ・ アト秒領域の非線形光学が発展する  
 (例: 非常に強い光と物質が相互作用して起こる現象(屈折率の変化等)での電子の動きを理解する研究が加速)
- ・ 気体分子がイオン化する際の分子振動の位相を計測
- ・ 固体表面と分子の間における電子の超高速な動きの計測が可能となり始める
- ・ 生体に対する放射線の影響を、より詳細に計測することが可能となり始める
- ・ 「水の窓」波長でのアト秒パルスを発生
- ・ 「水の窓」波長で溶液中の分子や生体分子の電子と原子核の超高速な動きの計測が可能となり始める

## 研究・技術の進展(光源及び計測)

<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 波長30nm、最短パルス幅数百アト秒、集光強度約<math>10^{14}</math>W/cm<sup>2</sup>のレーザーが発生可能</li> <li>・ 波長3nm、最短パルス幅数十アト秒、繰返し数約1kHzのレーザーが発生可能</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 波長1.5nm~300<math>\mu</math>m、最短パルス幅数十アト秒、集光強度約<math>10^{16}</math>W/cm<sup>2</sup>のレーザーを発生</li> <li>・ 波長1.5nm~300<math>\mu</math>m、最短パルス幅数十アト秒、繰返し数約100kHzのレーザーを発生</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 波長0.15nm~300<math>\mu</math>m、最短パルス幅数十アト秒、集光強度約<math>10^{18}</math>W/cm<sup>2</sup>のレーザーを発生</li> <li>・ レーザーの集光径を10nmに縮小</li> <li>・ 最短パルス幅数アト秒、繰返し数約1MHzのレーザーを発生</li> </ul>
---	--	---

大規模データを効率よく取得することにより物質の電子の動きのより精密な計測が進展する

※1 例えば内部は電気の流れない絶縁体なのに、表面は金属のように電気が流れる新しい物質  
 ※2 光を照射することで、絶縁体が金属に変化したり、磁性が変化する現象

