

<p>< 1 - 2 > 超高密度フォトン反応制御技術の開発 サブテーマ名： 応用のための計測・制御技術の開発 小テーマ： 相互作用に関するシミュレーションの研究（フェーズ，）</p>
<p>サブテーマリーダー： 光科学技術研究振興財団 コア研究室 研究リーダー 青島紳一郎 研究従事者： 大阪市立大学大学院工学研究科教授 細田 誠、 光科学技術研究振興財団 コア研究室 研究員 青島紳一郎、藤本正俊</p>
<p>研究の概要、新規性及び目標</p> <p>研究の概要 高強度フェムト秒レーザーパルス光と物質との相互作用のダイナミクスに関してシミュレーションの研究をおこなった。特に、荷電粒子加速やこれによって生ずる超短電磁パルス発生に関して、種々の光励起法について探った。さらに、効率的なフェムト秒パルス応用を行うために、相互作用を増大させる方法について検討した。 本テーマは、大阪市立大学大学院工学研究科の細田誠教授との共同研究で実施した。</p> <p>研究の独自性・新規性 高強度フェムト秒レーザーパルスと物質との相互作用のシミュレーションは世の中に多く見られるが、現実のテーブルトップレーザーの特性を踏まえて、フェムト秒パルスをいろいろな条件で衝突や交差させ、その合波した場における電界をサブフェムト秒の時間ステップ毎で行ったものは例がない。また、得られた結果について、超小型サイクロトロンやzepto秒域の電磁放射パルスの可能性を示唆するなどの有用な知見を得た。よって、本研究は独自性が高く、得られた知見は新規性がある。</p> <p>研究の目標 フェーズ： 高強度フェムト秒レーザーパルス光と物質との相互作用のダイナミクスに関してシミュレーションの研究をおこなう。特に、荷電粒子加速やこれによって生ずる超短電磁パルス発生に関して、種々の光励起法について探る。最終的には、励起パルス光の時間波形や波面の変化に伴う相互作用について解明し、この応用を探索することを目指す。 フェーズ： 効率的なフェムト秒パルス応用をおこなうために、高強度フェムト秒レーザーパルス光と物質との相互作用のダイナミクスに関するシミュレーションの研究をおこない、相互作用を増大させる方法について検討する。</p>
<p>研究の進め方及び進捗状況</p> <p>フェーズ では、高強度フェムト秒レーザーパルス光と物質との相互作用のダイナミクスに関してシミュレーションの研究をおこなった。特に、荷電粒子加速やこれによって生ずる超短電磁パルス発生に関して、種々の光励起法について探った。フェーズ における成果を受け、フェーズ においても、引き続いて、研究を行うこととなった。フェーズ では、効率的なフェムト秒パルス応用をおこなうために、高強度フェムト秒レーザーパルス光と物質との相互作用のダイナミクスに関するシミュレーションの研究を行い、相互作用を増大させる方法について検討した。 以上より、本テーマの目標達成度は 110 % である。</p>
<p>主な成果</p> <p>2つの円偏光・高強度フェムト秒パルスの衝突時に形成される複雑な合成電磁場の検討 平成14年度は、2つの高強度フェムト秒レーザーパルスのパルス衝突時に生成される合成電磁場について検討した。二つの右回り円偏光どうしが90度の角度をもって衝突した際、円偏光の電場の他に新たに45度の角度を持った新たな電場面ができ、衝突している光パルスの進行と共にその45度面内を新たな光電場が回転していく事が確かめられた。右回りと左回りの円偏光が正面衝突した際も複雑な振動電場の形成が確認された。 上記合成電磁場中の電子から高強度電磁放射の検討 平成15年度は、2つの高強度フェムト秒・円偏光レーザーパルスの正面衝突時における荷電粒子の超短時間相互作用ダイナミクスのシミュレーションをおこない、高強度フェムト秒レーザーパルス照射時に生起される荷電粒子の加速エネルギーを増大させる方法について検討した。右回り円偏光どうしの正面衝突時の電磁場下における散乱電子の速度分布を調べた。これにより、相対論的速度を持った電子集団の速度の超短時間変化が確認された。この加速によって生じる電磁波の放射を調べたところ、ダブルパルスの正面衝突を用いると、シングルパルスに比べて100～1000倍強い電磁放射が得られることが分かった。放射角度は0度と180度であり、パルス到来方向の$\pm z$軸に沿っていた。 パルス幅130zepto秒の極超短パルス生成の可能性の発見 平成16年度は、2つの高強度フェムト秒・円偏光レーザーパルスの正面衝突時における荷電粒</p>

子の超短時間相互作用ダイナミクスのシミュレーションをおこない、高強度フェムト秒レーザーパルス照射時に生じられる荷電粒子の相対論的加速度が急激に変化するために生ずる電磁放射について研究した。右円偏光と左円偏光パルスどうしの正面衝突時に起こる特異な光電磁場下における電子加速によって生じる電磁放射について、その時間挙動を詳しく調べた。その結果、放射角度について、90度付近（光パルス進行方向に垂直な方向）に比較的強い放射ピークがあることが分かった。この特徴的な90度放射の原因について検討した。結果、衝突面の中心付近に置かれた電子は光速に近い相対論的速度で直径0.数ミクロンの周回軌道を運動し、シンクロトロン放射として強い電磁波を放射することが分かった。このようなマイクロ・シンクロトロンから出る電磁放射パルスはパルス幅130zeptosecond（zeptosecond = 10のマイナス21乗秒）という極超短パルスであることが分かった。なお、この研究成果を特許出願した。

電子集団からの電磁放射についての検討

平成17年度は、右円偏光パルスどうしの正面衝突時に起こる特異な光電磁場下における電子加速によって生じる電磁放射について、その時間挙動に関する検討をおこなった。101×101個の電子をシート状に光パルス衝突面から少しZ方向に離して置いた場合に得られる放射を検討し、3 asという短い時間幅の放射が生じていることが確認できた。この方式はこれまでのものよりも多くの電子数が放射に寄与するため、より強い放射が期待できる。次に、このときの電磁放射について、その成因に関する検討をおこなった。その結果、衝突時に生じる特異な定在波によって電子集団の光進行方向に対する正負の2分極化、すなわち、新規な放射現象であるbifurcation放射が生じることがシミュレーションより確かめられた。

特許件数： 1 論文数： 13 口頭発表件数： 27

研究成果に関する評価

1 国内外における水準との対比

超小型サイクロトロンやzeptosecond域の電磁放射パルスの可能性を示唆するなど、非常に先端的な内容であり、学会等でも高い評価が得られている。

2 実用化に向けた波及効果

レーザーを用いた小型放射光装置を実現できる可能性を示した。この放射光装置は実験室に収まる程度の大きさを想定しているため、これまで超大型施設でしか実験できなかった放射光分光等が、広く普及すると期待される。また、得られる放射光は、広いスペクトルを有する超短時間のバーストであるため、従来の放射光を利用する場合と比較して、高時間分解能の計測をおこなうことも可能となる。

残された課題と対応方針について

高強度フェムト秒レーザーパルス光と物質との相互作用のダイナミクスに関してシミュレーションの研究をおこなった。特に、荷電粒子加速やこれによって生ずる超短電磁パルス発生に関して、種々の光励起法について探り、好適な配置を提案した。さらに、効率的なフェムト秒パルス応用を行うための相互作用を増大させる方法について明らかにし、その成因についても検討することができた。今後は、地域への展開を見越して、シミュレーションで仮定した系を実現する方法について検討を進めていく。また、共同研究機関の大阪市立大学大学院工学研究科では、引き続き先端的なシミュレーション研究を進めていく。

	J S T 負担分 (千円)							地域負担分 (千円)							合計	
	H 12	H 13	H 14	H 15	H 16	H 17	小計	H 12	H 13	H 14	H 15	H 16	H 17	小計		
人件費	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
設備費	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
その他研究費 (消耗品費、材料費等)	0	0	1,000	1,508	1,970	1,100	5,578	0	0	1,000	1,000	1,000	770	3,770	9,348	
旅費	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
その他	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
小 計	0	0	1,000	1,508	1,970	1,100	5,578	0	0	1,000	1,000	1,000	770	3,770	9,348	

代表的な設備名と仕様 [既存 (事業開始前) の設備含む]

J S T 負担による設備：高密度フォトン発生計測装置

地域負担による設備：