

「高密度パルス光の発生と先端的物質制御に関する研究」

1. 研究概要

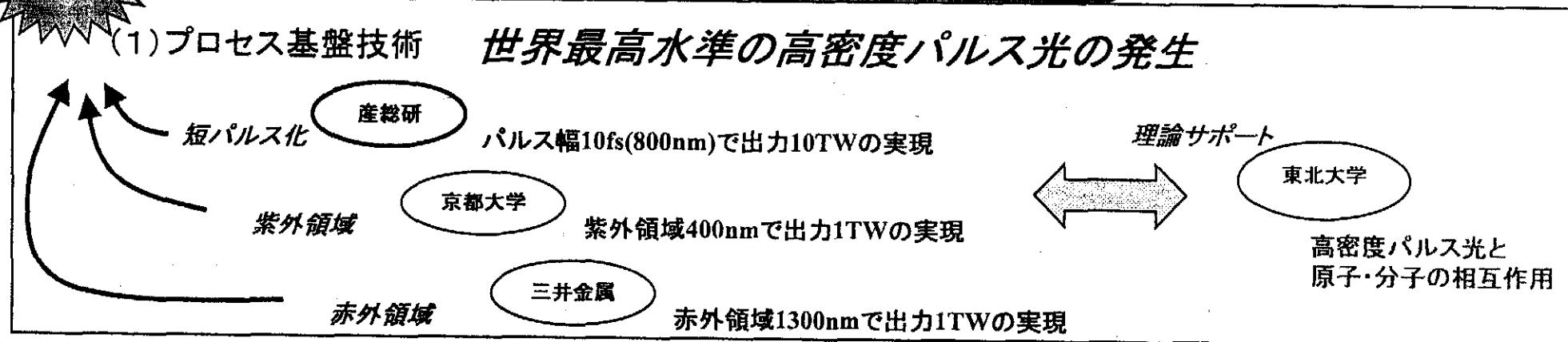
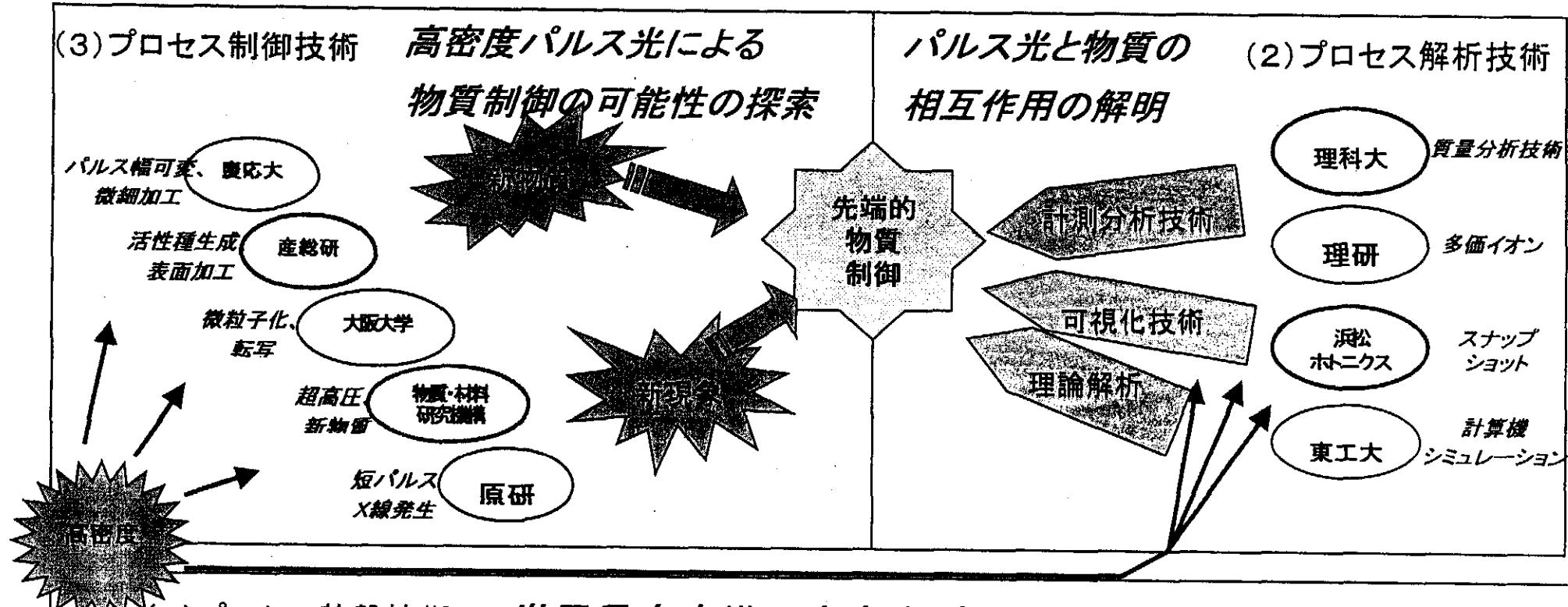
研究代表者：英 貢（豊橋技術科学大学）

(平成12年度～13年度)

研究体制：京都大学 外 10 機関

研究の概要・目標	諸外国の現状	研究の進展・成果のもたらす利点
<p>1. 何を目指しているのか 物質内の超高励起非平衡状態を光で制御し、物質のプロセス制御に利用する。</p> <p>5年目の目標 【パルス光の発生】 ①世界最高レベルの高密度パルス光の発生 【先端的物質創製】 ②有機物からの薄膜創製 ③活性種ビームによる表面加工 【相互作用の解析】 ④放出物の空間分析 ⑤パルス光の媒質中伝搬の可視化</p> <p>2. 何を研究しているか ①高密度パルス光の発生と制御技術、 ②高密度パルス光と物質との相互作用現象の解析、 ③高密度パルス光による先端的物質のプロセス制御技術の開発、 に関する研究を総合的に実施する。</p> <p>3. 何が新しいか 世界トップの高密度パルス光を扱う装置の開発、物質との相互作用の解明と物質プロセッシングへのチャレンジ。</p>	<p>1. 現状 高密度パルス光による物質プロセッシングの研究は近年世界的に関心が高まり、ドイツを中心に活発になりつつある。例えば、マックス・プランク研究所におけるフェムト秒時間領域のレーザー光と物質表面の作用過程の研究、ハーバード大学におけるレーザーによる半導体表面の非秩序化の研究、カリфорニア大学におけるパルスレーザー照射による高励起状態生成の研究等がある。 特に高密度パルス光と物質の相互作用の解明に興味が集まっている。</p> <p>2. 我が国の水準 レーザープロセッシングの研究では、レーザーCVD、レーザー励起による表面改質が世界の最高水準にある。 本プロジェクト研究により、高密度パルス光発生技術もアメリカ、欧州に匹敵する水準にあり、高密度パルスの物質プロセッシングへの応用では、最先端レベルである。</p>	<p>1. 世界との水準の関係 本研究は諸外国の研究者から注目されている。特に我が国は、レーザープロセッシングの分野で世界をリードする立場であり、その成果が外国で行われる同種の研究に大きなインパクトを与えていている。</p> <p>2. 波及効果 本研究成果として、世界最先端レベルであり、かつ小型の高密度パルス光源が開発されつつある。これは、世界で研究されているフェムト秒レーザーの開発競争に新たな方向付けを与えることになる。 さらに、高密度パルス光と物質の相互作用を明らかにすることで、新たな技術展望が開ける。特にプロセス制御技術として新材料の創製や極限環境モデルの解明が進むこととなる。</p>

研究体制



2. 所要経費

「高密度パルス光の発生と先端的物質制御に関する研究」(I期) 所要経費一覧

研究項目	研究担当機関	研究担当者	所要経費				
			平成9年度	平成10年度	平成11年度	合計	
1. 高密度パルス光の発生・制御技術に関する研究			千円	千円	千円	千円	
(1) 極限時間域超高密度パルス光発生・制御技術の研究	通商産業省 工業技術院 電子技術総合研究所	島塚 雄二	73,854	75,974	61,106	210,934	
(2) 短波長高密度パルス光発生・制御技術の研究	東京大学 エネルギー理工学研究所	吉崎 健嗣	17,961	16,214	10,152	44,327	
(3) 赤外域高密度パルス光発生技術の研究	三井金属鉱業(株) 総合研究所	山岸泰代志	20,838	20,265	21,117	62,220	
(4) 可変パルス幅高密度光発生・制御技術の研究	慶應義塾大学 理工学部	小原 寛	16,782	15,549	11,205	42,536	
(5) 高密度パルス光と原子・分子との相互作用の理論的研究	東北大 大学院理学研究科	藤村 駿一	14,821	19,766	14,947	49,534	
2. 高密度パルス光と物質との相互作用解析に関する研究			千円	千円	千円	千円	
(1) 相互作用解析のための高精度計測技術の開発	浜松ホトニクス(株) 中央研究所	土屋 博	76,311	76,588	57,224	210,121	
(2) 超高速電子加速による物質制御技術	大阪大学 レーザー融合研究センター	大道 博行	17,343	20,996	16,950	54,289	
(3) 質量分析的手法の開発	東京理科大学 基礎工学部	荒田 浩一	13,876	11,470	10,854	36,200	
(4) 超強衝撃波の研究	科学技術庁 総合材料研究所	豊田 亮一	28,123	28,657	21,178	77,958	
(5) 高密度パルス光と物質相互作用とのシミュレーションの研究	東京工業大学 大学院総合理工学研究科	鶴見 利守	13,706	11,771	6,820	32,297	
3. 高密度パルス光による先端的物質プロセッシングに関する研究			千円	千円	千円	千円	
(1) 高エネルギー化学反応ビームの発生による物質プロセッシングの研究	通商産業省 工業技術院 物質工学工業技術研究所	矢部 一明	72,490	69,626	51,818	193,934	
(2) 複数ケーブルアブレーションによる物質プロセッシングの研究	慶應義塾大学 第三工学系	大庭 昌幸	25,333	23,290	17,172	65,795	
(3) 動起状態分子の転写による物質プロセッシングの研究	大阪大学 大学院工学研究科	朝日 剛	16,746	16,043	10,184	42,973	
(4) 多価イオン生成による物質プロセッシングの研究	理化研究所	篠谷 寛	11,003	10,838	6,609	28,450	
4. 研究の推進			千円	千円	千円	千円	
			324	325	682	1,331	
			合計	222,979	222,511	170,830	615,320

「高密度パルス光の発生と先端的物質制御に関する研究」(II期) 所要経費一覧

研究項目	研究担当機関	研究担当者	所要経費		
			千円	千円	千円
1. プロセス基礎技術			50,072	37,395	87,467
(1) 極限時間域高密度パルス光の高機能化技術の研究	独立行政法人産業技術総合研究所	島塚 雄二	12,927	9,702	22,629
(2) 短波長高密度パルス光の高性能化技術の研究	京都大学 エネルギー理工学研究所	吉崎 健嗣	19,975	14,750	34,725
(3) 赤外域高密度パルス光制御システム技術の研究	三井金属鉱業(株)	安藤 博	12,695	9,400	22,095
(4) 高密度パルス光と原子・分子との相互作用プロセスの理論的研究	東北大 大学院理学研究科	藤村 駿一	4,475	3,543	8,018
2. プロセス解析技術			60,536	47,568	106,102
(1) 粒子制御に関する研究	東京理科大学 基礎工学部	荒田 浩一	19,946	14,346	34,292
(2) 低速多価イオンビームによる表面プロセスの研究	理化研究所	篠谷 寛	19,712	17,835	37,547
(3) プロセス解析のための高機能計測の研究	浜松ホトニクス(株) 中央研究所	土屋 博	16,781	11,244	28,025
(4) プロセス解析のためのシミュレーション研究	東京工業大学 大学院理工学研究科	矢部 一明	4,097	4,141	8,238
3. プロセス制御技術			69,493	49,147	118,634
(1) 短波長化によるプロセス制御の研究	農林技術科学大学	英 貴	14,720	—	14,720
(2) パルス幅制御高密度光によるプロセス制御の研究	農業生物大学 理工学部	小原 寛	12,217	10,757	22,974
(3) 光触起活性化によるプロセス制御の研究	独立行政法人産業技術総合研究所	矢部 一明	20,116	23,504	43,620
(4) 線粒子崩壊・転写によるプロセス制御の研究	大阪大学 大学院理工学研究科	朝日 剛	6,919	3,844	10,763
(5) 光触起活性化によるプロセス制御の研究	独立行政法人物質・材料研究機構 物質研究所	鶴見 利守	7,001	5,715	12,716
(6) 高密度光生成放射源を用いたプロセス制御に関する研究	日本原子力研究所	大道 実行	8,520	6,321	13,841

3. 研究成果の概要

本研究は、最新のレーザー技術である高密度パルス光発生技術を利用して、新機能物質・材料を創生するプロセス技術に必要な基盤技術を探求・開発することが目的である。具体的には、フェムト秒レーザーを中心として、レーザーによって発生される高密度パルス光を利用して、極限時間領域および超高電磁場域において誘起される物理的および化学的な新現象を探索・解明しつつ、それらを先端的物質制御に利用することを図ろうとするものである。

このため、本研究では、まず第I期（平成9～11年度）で、①高密度パルス光の発生・制御、②高密度パルス光と物質との相互作用解析、③高密度パルス光による先端的物質プロセシング、の三つの分科会を設けて研究を推進した。その結果、パルス幅を12 fsに圧縮、さらに波長も紫外から赤外に至る広帯域で選択できる装置を開発するなど、発生技術で多くの成功を得た。さらに、高密度パルス光により可能となった物質の多光子吸収、超高励起、超高光電場の発生に伴う諸現象を探索・解析する新技術の開発・改良を行いつつ、従来の手法では困難であった物質変換、化学構造実現を目指した。

つづいて第II期（平成12～13年度）では、第I期に得られた成果を最大限に活用し、かつ物質制御技術の実用化への基礎を確立するためにプロセス技術に重点を置いて、①プロセス基盤技術、②プロセス解析技術、③プロセス制御技術、と組織の編成替えを実施した。なお、研究の実施にあたっては、第一期終了時点での中間評価の際に受けた助言に従って、分科会内および分科会間の連携を重視して、全体として有機的に研究を推進することを目指した。その結果、発生技術の方でパルス幅を7.7 fsに短縮し、高調波発生技術による短波長化するなどで成果をあげる一方で、高密度パルス光を利用して発生した窒素原子ビームや低速ルビジウム多価イオンを利用した炭素表面の改質・加工、アセトン照射による一次元炭素結晶作製の試み、さらに金属・有機物のナノ粒子の創生、光誘起超衝撃波によるダイヤモンド間の相転移誘起など、プロセス関連で多様な成果を収め、高密度パルス光のプロセス技術への有効性を実証することができた。

なお、第I期、第II期を通じて、高密度パルス光と原子・分子・物質との相互作用とプロセス解析のためのシミュレーションの研究も実験グループとの緊密な連携のもとに行われ、本研究の推進に役立った。

4. 研究成果公表等の状況

【研究成果発表等】

	原著論文による発表	左記以外の誌上発表	口頭発表	合 計
国内	24 件	26 (1) 件	184 件	234 (1) 件
国外	95 (11) 件	19 件	91 (4) 件	205 (15) 件
合計	119 (11) 件	45 (1) 件	275 (4) 件	439 (16) 件

(注：既発表論文について記載、投稿中の論文については括弧書きで記載)

【特許出願等】 13 件 (国内 13 件、国外 0 件)

【受賞等】 8 件 (国内 8 件、国外 0 件)

- 日本光学会 光学論文賞（平成14年3月31日） 浜松ホトニクス 藤本 正俊
- レーザー学術講演会第22回年次大会優秀論文発表賞（平成14年5月31日）
浜松ホトニクス 藤本 正俊
- 日経サイエンス「コンピュータ・ビジュアリゼーション・コンテスト」佳作
レーザーによる超微細加工のシミュレーション（平成9年11月）東工大 矢部 孝
- 日本機械学会・計算力学部門・業績賞（平成11年11月）東工大 矢部 孝
- 情報処理学会 ベストオーラー賞（平成14年5月）東工大 矢部 孝
- The Photopolymer Science and Technology Award（平成12年6月26日）
物質研、新納、J. Ihlemann、小野、矢部
- 光化学協会奨励賞（平成13年9月11日）阪大 朝日剛
- 科学技術庁長官業績表彰（平成12年5月19日）無機材研 関根利守

【主要雑誌への研究成果発表】

Journal	Impact Factor	#テーマ1	#テーマ2	#テーマ3	合計
Appl.Phys	大	0	2	1	3
J.Appl.Phys.	大	0	2	2	4
Phys. Rev. A	大	1	1	0	2
Jpn. J. Appl. Phys.	大	1	4	7	12
Appl. Phys. A, B	大	3	2	3	8
Optics Lett.	大	1	2	0	3
Appl. Optics	大	0	1	1	2
Opt. Commu.	大	0	2	5	7
J. Opt. Soc. Am. B	大	0	1	1	2
Rev. Sci. Instrum.	大	0	0	1	1
J. Electron Microscope	大	0	1	0	1
Proc. SPIE	大	0	2	3	5
レーザー研究	大	1	1	0	2
日本機会学会論文集	大	0	1	0	1
J. Chem. Phys.	大	1	0	0	1
J. Phys. Chem. A	大	1	0	1	2
Appl. Surf. Phys.	中	0	1	4	5
Comp. Phys. Commun.	大	0	7	0	7
J. Comput. Phys.	大	0	1	0	1
J. Photopolym. Sci. Technol.	中	0	0	2	2
Composites	中	0	0	1	1
主要雑誌小計		9	32	32	73
発表論文合計		24	49	57	130