

法人番号	221009
プロジェクト番号	S1511020L

研究進捗状況報告書の概要

1 研究プロジェクト

学校法人名	光産業創成大学院大学	大学名	光産業創成大学院大学
研究プロジェクト名	フェムト秒レーザーによるナノ極限加工の産業化研究		
研究観点	研究拠点を形成する研究		

2 研究プロジェクトの目的・意義及び計画の概要

本研究プロジェクトの目的は、フェムト秒超短パルスレーザー(以下、fsUSPL と略す)を用いた微細加工技術の産業化促進である。fsUSPL 加工は、刃物など工具を用いた加工技術と比較して①加工領域として他の加工方法では実現が困難である μm オーダー以下の加工が可能、②刃物などの消耗品が少ないため、ランニングコストの面で優位性を持つ、また、連続発振レーザーなどによる加工と比較して、加工周辺へのバリや熱が伝わることによる変異部が少ない品質の高くこれらの後処理が不必要な加工が可能など、他の加工より優位性の高い加工が可能となる。

しかしながら、①加工除去量が少なく生産性が低い、②fsUSPL 用光源が高価、初期投資の費用が掛かるなどの課題がある。産業界がこの加工技術を生産現場に導入する場合、①を考慮した研究・開発が不可欠であるが、②のために自社にて研究設備を揃えることはリスクが高くなる。

そこで、本研究プロジェクトでは、以下の2点を目的とした。[1] 産業化技術開発も可能となる fsUSPL 加工機の開発、[2] 開発した加工機利用を中心とした産業育成のための企業との連携強化等による地域活性化。

3 研究プロジェクトの進捗及び成果の概要

各目的に対する平成 29 年度時点での達成度、今後の展開を含む概要、小目的および現達成度の要因等に関する詳細を以下に示す。このように、構想調書と比較して目的1は順調に、目的2は先行して進捗している。

[目的1について]・COHERENT 製fsUSPL 光源 Astrella の導入。① $\lambda/2$ 波長板と偏光板を用いた、高精度かつコンパクトな超高強度 fsUSPL 用自動制御アッテネーターを開発。②試料走査用として、DGSHAPE 製5軸加工機 DWX-51D の特注仕様機を導入。開発した fsUSPL 加工機にて、企業との共同研究等も含めて各種材料の加工実験を実施。例えば、ガラスやアクリルへの内部加工マーキング、切削刃物用材料の焼結ダイヤモンドに対する除去加工試験と品質工学(タグチメソッド)による加工条件最適化試験、セラミック材料の微細加工、マイクロ総合分析システム(μTAS)流路用途のガラス加工など。③高速化、高空間分解能などの産業応用研究を見据えた fsUSPL 加工機作成のため、浜松ホトニクス製空間光位相変調器、倒立顕微鏡用 XY ステージおよびコンパクトスケール内蔵1軸自動ステージ、DGSHAPE 製特注ガルバノスキャナの導入完了。

[目的2について]①ローランド ディー・ジー株式会社との共同研究開始。現在、DGSHAPE 株式会社と継続契約。②本学主催の企業所属者向け人材育成講座「レーザーによるものづくり中核人材育成講座」における活用を開始。

法人番号	221009
プロジェクト番号	S1511020L

**平成27年度選定「私立大学戦略的研究基盤形成支援事業」
研究進捗状況報告書**

1 学校法人名 光産業創成大学院大学 2 大学名 光産業創成大学院大学

3 研究組織名 光産業創成大学院大学

4 プロジェクト所在地 静岡県浜松市西区呉松町 1955-1

5 研究プロジェクト名 フェムト秒レーザーによるナノ極限加工の産業化研究

6 研究観点 研究拠点を形成する研究

7 研究代表者

研究代表者名	所属部局名	職名
瀧口 義浩	光情報・システム分野	教授

8 プロジェクト参加研究者数 6 名

9 該当審査区分 理工・情報 生物・医歯 人文・社会

10 研究プロジェクトに参加する主な研究者

研究者名	所属・職名	プロジェクトでの研究課題	プロジェクトでの役割
瀧口義浩	学長	レーザー加工技術の開発と応用化	研究統括、地域におけるレーザー応用産業の発展
坪井昭彦	光加工・プロセス分野・教授	レーザー加工技術の開発と応用化	地域におけるレーザー応用産業の発展
沖原伸一郎	光加工・プロセス分野・准教授	レーザー加工技術の開発と応用化	地域におけるレーザー応用産業の発展
楠本利行	光加工・プロセス分野・助教	レーザー加工技術の開発と応用化	地域におけるレーザー応用産業の発展
真鍋武士	光加工・プロセス分野・研究補助員	レーザー加工技術の開発と応用化	地域におけるレーザー応用産業の発展
花山良平	光情報・システム分野・准教授	レーザーと機械加工技術のマッチング	地域におけるレーザー応用産業の発展
横田浩章	光バイオ分	レーザーと生体加工技術の	地域におけるレーザー

法人番号	221009
プロジェクト番号	S1511020L

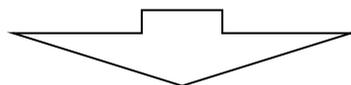
	野・准教授	マッチング	応用産業の発展
(共同研究機関等)			
豊田晴義	浜松ホトニクス株式会社 中央研究所	LCOS を用いた多点同時加工のマネージング	高スループット加工の実現
伊藤晴康	浜松ホトニクス株式会社 中央研究所	LCOS を用いた多点同時加工のマネージング	高スループット加工の実現
植田浩安	浜松工業技術支援センター	フェムト秒レーザーの企業応用研究	地域におけるレーザー応用産業の発展
寺岡裕師	株式会社 コヒレント	フェムト秒レーザー光源の産業応用	地域におけるレーザー応用産業の発展
社本英奏	株式会社 レザックス	フェムト秒レーザーの産業応用(機械加工)	地域におけるレーザー応用産業の発展
刀原貴寛	株式会社 ナノプロセス	フェムト秒レーザーの産業応用(機械加工)	地域におけるレーザー応用産業の発展
下北 良	ジーニアルライト株式会社	フェムト秒レーザーの産業応用(生体加工)	地域におけるレーザー応用産業の発展

<研究者の変更状況(研究代表者を含む)>

旧

プロジェクトでの研究課題	所属・職名	研究者氏名	プロジェクトでの役割
レーザー加工技術の開発と応用化	光加工・プロセス分野・講師	沖原伸一郎	地域におけるレーザー応用産業の発展

(変更の時期:平成 29 年 4 月 1 日)



新

変更前の所属・職名	変更(就任)後の所属・職名	研究者氏名	プロジェクトでの役割
光加工・プロセス分野講師	光加工・プロセス分野准教授	沖原伸一郎	地域におけるレーザー応用産業の発展

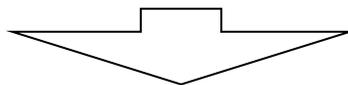
旧

プロジェクトでの研究課題	所属・職名	研究者氏名	プロジェクトでの役割
レーザー加工技術の開発と応用化	光情報・システム分野・教授	瀧口義浩	研究統括、地域におけるレーザー応用産業の発展

法人番号	221009
プロジェクト番号	S1511020L

レーザー加工技術の開 発と応用化	光情報・システム 分野・講師	花山良平	地域におけるレーザー 応用産業の発展
---------------------	-------------------	------	-----------------------

(変更の時期:平成 30 年 4 月 1 日)



新

変更前の所属・職名	変更(就任)後の所属・職名	研究者氏名	プロジェクトでの役割
光情報・システム分 野・教授	学長	瀧口義浩	研究統括、地域にお けるレーザー応用産 業の発展
光情報・システム分 野・講師	光情報・システム分野・准 教授	花山良平	地域におけるレーザ ー応用産業の発展

上記 2 件はいずれも昇格などに伴う職名の変更であり、研究者の本構想計画における役割など、実施に係る影響はない。

法人番号	221009
プロジェクト番号	S1511020L

11 研究進捗状況(※ 5枚以内で作成)

(1) 研究プロジェクトの目的・意義及び計画の概要

本研究プロジェクトの目的は、フェムト秒超短パルスレーザー(femtosecond ultrashort pulse laser、以下、fsUSPLと略す)を用いた微細加工技術の産業化促進である。fsUSPL加工は、刃物など工具を用いた加工技術と比較して①加工領域として他の加工方法では実現が困難である μm オーダー以下の加工が可能、②刃物などの消耗品が少ないため、ランニングコストの面で優位性を持つ。また、連続発振レーザーなどによる加工と比較して、加工周辺へのバリや熱が伝わることによる変異部が少なく品質の高い後処理が不必要な加工が可能など、他の加工より優位性の高い加工が可能となる。

しかしながら、fsUSPL加工は、他の加工方法に対して①加工除去量が少なく生産性が低い、②fsUSPL用光源が高価、初期投資の費用が掛かるなどの課題がある。産業界がfsUSPL加工技術を生産現場に導入する場合、①を考慮した研究・開発が不可欠であるが、②のために自社にて研究設備を揃えることは、リスクが高くなる。

そこで、本研究プロジェクトでは、以下の2点を目的とした。[1] 産業化技術開発も可能となるfsUSPL加工機の開発、[2] 開発した加工機利用を中心とした産業育成のための企業との連携強化等による地域活性化。それぞれの目的に対する具体的な計画は、以下の通りである。[1] 空間光位相変調器(Liquid-COS Spatial Light Modulator、以下、LCOS-SLMと略す)を用いての空間的多点同時加工を可能としたfsUSPL加工機の開発と、開発した加工機による各種材料加工、[2] 外部企業との共同研究および本学主催の企業向けレーザー加工技術教育講座である「レーザーによるものづくり中核人材育成講座」での活用などを含めた、産業への技術導入の促進。

(2) 研究組織

光産業創成大学院大学 光加工・プロセス分野を中心としたプロジェクトチームを作成。光加工・プロセス分野がfsUSPL加工機のレーザー本体を含む選定・設置・制作・運用を行った。光情報・システム分野には、fsUSPL加工機のシステム開発を行った、光バイオ分野には、制作したfsUSPL加工機を用いた応用技術開発を行った。

(3) 研究施設・設備等

以下に、本研究によって本学に導入された研究施設・設備等およびその仕様を示す。

[フェムト秒レーザー加工機]

○光源: COHERENT 製[型番: フェムト秒超短パルスレーザー再生増幅器 Astrella]

中心波長: 800nm、パルス幅: 100fs、繰り返し周波数 1kHz、ビーム径: 11mm

○加工用光走査軸およびメカ走査軸

① 歯科用ミリングマシン DWX-51D 特注仕様(図 1): DGS SHAPE 製
メカ軸: 直線 3 軸(XYZ、最大走査速度 30mm/s、加工範囲 XY: $\pm 50\text{mm}$ 、Z: 0~40mm)および回転 2 軸(AB、A 軸: $-180\sim 180^\circ$ 、B 軸: $-30\sim 30^\circ$)。この装置に、外部から導光して対物レンズにて試料に照射できるようにした特注仕様。

② 歯科用ミリングマシン DWX-51D 特注仕様: DGS SHAPE 製
メカ軸: ①と同様。ただし①の対物レンズの代わりに、ガルバノスキャナにて、さらに 2000mm/s の高速走査できる XY 軸を追加した特注仕様。

③ 高空間分解能加工用倒立顕微鏡型試料走査機(図 4): シグマ光機製[型番: 倒立型顕微鏡用自動 XY ステージ BIOS-Light BIOS-LT-S(XY 軸)およびコンパクトスケール内蔵 1 軸自動ステージ(Z 軸)]



図 1 加工機①の外観(左側)およびレーザー光照射部(右側)の写真。右側写真中央に対物レンズがある。

法人番号	221009
プロジェクト番号	S1511020L

メカ軸:直線 2 軸(XY、空間分解能 0.1 μ m、繰返し位置決め精度 1 μ m、加工範囲 X 軸 110mm、Y 軸 75mm)および直線 1 軸(Z 軸、空間分解能:ハーフパルスで 1 μ m、繰返し位置決め精度 2 μ m、走査範囲 35mm)。

④LCOS-SLM:浜松ホトニクス製 [型番:空間光位相変調器 X10468-02]

使用可能波長帯域:800nm \pm 50nm、光利用効率:97%(785nm)、画素数:800 \times 600、有効エリアサイズ:15.9mm \times 12mm、画素ピッチ:20 μ m。上述の加工機との同時使用を容易にするため、装置への入射光と出射光が同軸となるように光学素子が配置されたモジュール仕様。

(4)進捗状況・研究成果等 ※下記、13及び14に対応する成果には下線及び*を付すこと。

<現在までの進捗状況及び達成度>

各目的に対する平成 29 年度時点での達成度、およびその詳細を以下に示す。このように、構想調書と比較して目的 1 は順調に、目的 2 は先行して進捗している。

[目的 1] fsUSPL 加工機の作成と開発した加工機による各種材料加工:現状達成度 80%

○高パルスエネルギーfsUSPL の導入(平成 27 年度)

LCOS-SLMを用いての多点同時加工を可能にした fsUSPL 加工機を導入する場合、各点でのレーザー光強度が材料加工閾値を超える必要がある。よって、平均出力と同時に高パルスエネルギーが必要となる。そこで、「(3)研究施設・設備等」に記載された fsUSPL 光源を導入した。この fsUSPL 光源のパルスエネルギーが 7mJ 以上とは、レーザー波長である 800nm で透過領域となるために難加工材となるガラスなどを多光子吸収過程によって内部加工する際のレーザー加工閾値が 50 μ J 程度であることを考慮すると、超高強度といえる。

○超高強度パルスエネルギーfsUSPL 用アッテネーターの開発(平成 28・29 年度)

レーザー加工の生産効率および品質の制御を行うためには、レーザー光強度を制御することは非常に重要である。また、タクトタイム軽減など、産業化を見据えたレーザー加工の生産効率および品質の制御を行うためには、レーザー光強度を制御することは非常に重要である。よって、PC による自動制御機能を持つアッテネーターが必要不可欠である。しかしながら、上述のような超高強度パルスエネルギーに耐力を持つ市販品の自動制御アッテネーターは存在しなかった。そのため、自動制御アッテネーターを自作することにした。方法として、 $\lambda/2$ 波長板と偏光板(どちらも ϕ 50.8mm、CVI 製)を用い、 $\lambda/2$ 波長板のレーザー光偏光に対する入射角度を変更することで、偏光板からの反射光強度を制御してレーザー光強度を変化させる手法を用いた。製作したアッテネーターの外観写真と、 $\lambda/2$ 波長板の設定角度と、その際の偏光板反射 fsUSPL のパルスエネルギーの関係を図 2 に示す。このように、パルスエネルギーを 0.07~5.0mJ まで任意に設定できるアッテネーターの開発に成功^{*1,*4}した。しかしながら、ここで産業化に向け、学内および企業の方からのヒアリング等により、以下の 4 点の課題が生じた。①使用した偏光板への入射角度が 72° であるため、 ϕ 50.8mm の光学素子を使用しても、有効径 90%とすると使用できるビーム径が ϕ 14.1mm となる。今回の fsUSPL 光源から出てくるビーム径は ϕ 11mm であり、ビーム全体を利用するためには ϕ 22mm 程度必要であることを考えると、光学素子の大きさが足りない(例えば CVI 製市販品では、 ϕ 50.8mm が最大)、②偏光板を通過した後の偏光の消光比は偏光板の特性から 1:72 であり、LCOS-SLM を有効利用することを考慮すると、消光比として 1:100 以上にする必要がある、③最初の fsUSPL 加工条件出しを行う際、例えばアクリルなど加工閾値が低い材料でも行えるよう、パルスエネルギーの設定可能範囲を広げる必要がある、④設置面積が 250 \times 450mm となっており、コンパクト化が必要。そこで、EK SMA Optics 製偏光板(入射角度 56°、

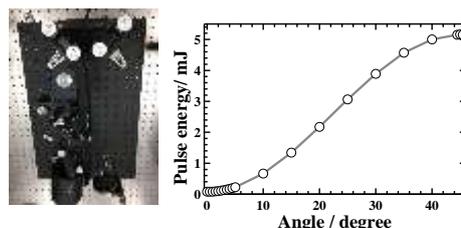


図 2 自作アッテネーターの外観写真(左)と、通過したパルスエネルギーの $\lambda/2$ 波長板の設定角度依存性(右)

法人番号	221009
プロジェクト番号	S1511020L

φ50.8mm)を2枚利用することで、①使用できるビーム径を25.5mm、②消光比を1:200以上、③パルスエネルギーの設定可能範囲を0.01~7.0mJ、④設置面積を200×200mm(60%減)、とすべての課題を克服したアッテネーターの開発に成功した。

○超高強度パルスエネルギーfsUSPL加工機の開発(平成28・29年度)

fsUSPL光源および上述のアッテネーターから出射されたfsUSPLを用いて、fsUSPL加工機を開発した。開発したfsUSPL加工機に使用した5軸加工機、ガルバノスキャナ、高空間分解能XYステージおよびLCOS-SLMの詳細な仕様は、「(3)研究施設・設備等」に記載してあるので割愛する。

これらの装置を活用して各種材料への加工試験を行った。その一例で、対物レンズ集光による5軸加工および専用CAD/CAMソフトウェアによって実現できた、アクリル(PMMA)およびガラスの2Dおよび3D内部加工例^{*1,*4}を図3に示す。これらの実験結果の加工点(図3の各内部加工における、白く見えている箇所)の加工サイズは、自動



図3 開発したfsUSPL加工機を用いたアクリルおよびガラスへの加工例^{*1,*4}

制御アッテネーターによってパルスエネルギーを変化させることで、材料依存性があるものの、加工幅を3~100μmのオーダーで人為的に制御することができる。なお、図3の実験結果は、視認性を向上させるために、加工幅を50~100μm程度の加工を行った結果である。

また、産業応用開発として、樹脂やガラスなどの切削刃物用の材料として利用されている焼結ダイヤモンドに対して、本装置による除去加工試験^{*3,*5}を行った。本試験の目的は、材料のメーカーや材料内に入っているダイヤモンド粒子の粒子径など材料特性の違いにより除去加工効率がバラつかず、かつ、短時間で効率の良い除去加工条件を見出すことである。その実験結果を図4に示す。なお、初期条件と最適化条件の詳細は共同関係企業とのNDAの関係で記載ができないのでご了承いただきたい。初期条件と最適化条件では、投入エネルギー量を2倍程度大きくしている。よって、加工除去量が2.5倍となっているのは、投入エネルギーの差によって定量的に説明できる。一般的に、投入エネルギー量を大きくすると、その投入エネルギー量の安定性が同程度か悪くなるため、加工除去量のバラつきが同程度か大きくなる。しかしながら、初期条件においては、2種類の試料によって除去量が異なっている(図4右のグラフ、下側の□および▲のフィッティング直線がずれている)にもかかわらず、最適化条件では、試料間での差が小さくなっていた(図4右側のグラフ、上側の□および▲のフィッティング直線が重なっている)。バラつきの指標であるS/N比の利得で考えると、バラつきを40%低減させられる条件であった。これは、単位走査回数あたりの除去加工量を2.5倍にしたにも関わらず、その材料

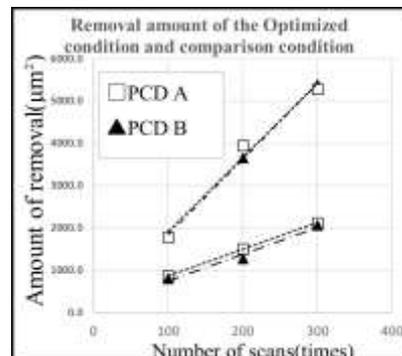
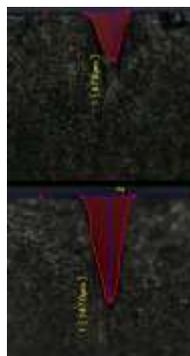


図4(左)fsUSPL加工機による焼結ダイヤモンドの除去部分の顕微鏡写真。上:初期条件、下:最適化条件試験結果を示している。赤い部分が除去部分である。(右)初期条件(下)および最適化条件(上)での走査回数に対する除去量依存性^{*3,*5}

法人番号	221009
プロジェクト番号	S1511020L

違いによるバラつきを 40%低減できる加工条件を見出せたことを示している。これは、生産現場において、今回の試料間に関しては、どちらの試料を使用しても加工用プログラムを変更することなく、安定した除去加工による生産ができる加工条件を見出せたことと同様であり、生産技術開発の観点から、加工条件最適化に対する非常に重要な手法を見出せたことになる

また、開発した fsUSPL 加工機によって、他の材料に関しても加工試験を行った。NDA の関係などで詳細は記載できないが、例えばセラミック材料への微細加工、マイクロ総合分析システム(μ TAS)流路用途向けに、ガラスへの加工などを行った。これらの結果は、バイオ・医療系を含む産業界において、本研究プロジェクトにて開発した fsUSPL 加工機が興味深い加工装置であり、その産業拠点となりうることを示唆している。

[目的2] 産業育成のための企業との連携強化等による地域活性化:現状達成度 70%

○ローランドディー・ジー株式会社と共同研究を開始^{*6}。平成 29 年度より DGSHAPE 株式会社(ローランドディー・ジー株式会社の 100%子会社)と継続中(平成 28・29 年度)

平成 28 年度より、ローランドディー・ジー株式会社と共同研究を開始し、その旨をプレスリリースし、更に HP 等にて公開した。平成 29 年度より、ローランドディー・ジー株式会社の 100%子会社である DGSHAPE 株式会社と同内容にて共同研究を行っており、平成 30 年度以降も、継続的に共同研究を行う予定である。

○本学主催の企業所属者向け人材育成プログラム「レーザーによるものづくり中核人材育成講座」における活用を開始^{*7}(平成 28・29 年度)

本学は平成 23 年度より、レーザー加工技術を産業界にて活用できるよう、企業所属者向けにレーザー加工技術を活用できる人材の育成プログラム「レーザーによるものづくり中核人材育成講座」を毎年開講している。平成 28 年度より、この講座内にて開催している実習講義の一つ「レーザー実習 1:短パルスレーザー加工」において、また、平成 29 年度より、この講座内にて「ケーススタディ1 品質工学を応用したパラメータの最適化実習」において、本研究プロジェクトにて開発した fsUSPL 加工機およびその装置を用いた実験結果を利用している。

<特に優れた研究成果>

コンパクトかつ高性能な自動制御アッテネーターを開発し、それと同期させた fsUSPL5 軸加工機を開発した。それを制御するための CAD/CAM プログラムも開発した。これにより、任意形状の試料に対して、任意の方向からレーザー照射することによるレーザー加工を実現できる。これは、今後さらに展開していく産業化技術開発において、自動車産業やバイオ医療産業など、産業に応じた加工ニーズに対応できるツールとしての加工機が開発できたことと同義である。また、既に共同研究等を通じて本研究プロジェクトでの開発技術を産業化応用開発にて展開しており^{*6}、その成果の一部を学会で発表し^{*5}、企業向け人材育成プログラムなどで活用している^{*7}。

<問題点とその克服方法>

[問題点]fsUSPL 光源からのレーザー光に関して、導入後半年以内に、①レーザー光の空間ビームパターン内に光学素子に傷が入ったために生じる干渉パターンが生じた、②レーザー光強度が 10%以上減衰する、といった不具合が生じた。

[克服方法]詳細に解析した結果、以下の原因究明と対策を行った。①メーカーとして品質保証できている光源用窓板が、レーザー光によってダメージを負う現象が生じていた。メーカーと協議し、メーカー側の光源用窓板を改良していただき、交換修理していただくこととなった、②チラーに不具合が生じていることが判明。チラーを交換修理することとなった。以後、平成 30 年 3 月時点で 1 年程度経過観察しているが、同様の不具合は生じていない。

<研究成果の副次的効果(実用化や特許の申請など研究成果の活用の見直しを含む。)>

法人番号	221009
プロジェクト番号	S1511020L

本研究成果に伴い、共同研究も含めた企業との研究・開発を推進している。既に行っている共同研究開発も含めて産業化技術開発を通じて必要な社会ニーズの収集など、本研究プロジェクト結果の実用化へ向けて推進していく。

<今後の研究方針>

[目的 1: fsUSPL 加工機の作成と開発した加工機による各種材料加工に関して]

それぞれの装置の動作確認は終了しているものの、全ての装置類の同期制御プログラムを開発中である。現在、自動制御アッテネーターおよび DWX-51D の 5 軸加工に関しては、制御用プログラムが完成。来年度以降、他の装置類との同期制御プログラムを開発していく。

[目的 2: 産業育成のための企業との連携強化等による地域活性化に関して]

現在、共同研究が進行している DSGSHAPE 株式会社を中心に、国内外問わず企業との連携を強化していく。また、浜松を含めた静岡西部地域は、スズキやホンダ、デンソーなどの自動車関連企業や浜松ホトニクスなどの光関連企業が多く、それらの産業が非常に盛んな地域である。これら地域の企業とも連携を行い、産業化を促進する。

<今後期待される研究成果>

上述の<今後の研究方針>[目的 1]が実現することにより、本研究プロジェクトの主目的である微細加工技術の産業応用技術開発も可能な fsUSPL 装置が完成する。これにより、同[目的 2]を実現することで、基礎研究のみでなく産業応用研究も、社会ニーズと一致させながら促進できる拠点が形成されることが期待される。

<自己評価の実施結果及び対応状況>

上述の<今後の研究方針>[目的 1]に関しては、fsUSPL 光源に関する問題が生じたものの、本研究プロジェクトメンバーと光源メーカーの情報共有化などにより早期に解決でき、計画全体の遅延を生じさせずに対応できた。また、同[目的 2]に関しては、本来平成 30 年度以降に実施予定であった地域企業との連携による産業応用技術開発が先行できたことは、早い時期から産業側のニーズを収集できた点から、産業化を促進させる上で重要なことと考えられる。

<外部（第三者）評価の実施結果及び対応状況>

株式会社アルプスエンジニアリング 営業部レーザー担当部長 山田為秀様、および DSGSHAPE 株式会社 取締役 尾藤寿様、および同 製品開発部 前田敏男様に対し、本研究プロジェクトの実施結果について説明し、以下のような評価をいただいた。

○本研究プロジェクトの目的は、レーザー加工技術が浸透しつつある産業界において、さらなる加工品質向上を目指している現状とよくマッチングしている

○特に、産業界にとってはタクトタイム軽減などのコストダウンに関する技術開発は、新規技術導入において非常に重要である。その点において、本研究プロジェクトの目的は産業界のニーズとよく一致している。

○今後、LCOS-SLM やガルバノスキャナとの同期制御技術を確立することで、上記技術開発ができる拠点が完成されることを期待する。

これらのご意見から、本研究プロジェクトの目的及び開発の方向性と産業界のニーズの方向性が一致していることが確認できた。今後、産業界の方々と共に共同研究等を介して密に情報交換していくことで、学術的なシーズを開発するのみならず、産業界のニーズとマッチングさせつつ本研究プロジェクトを推進していく予定である。

法人番号	221009
プロジェクト番号	S1511020L

12 キーワード(当該研究内容をよく表していると思われるものを8項目以内で記載してください。)

- (1) 100fs 超短パルス (2) レーザー加工機 (3) 超高強度パルスエネルギー
 (4) 自動制御アッテネーター (5) 空間パターン制御 (6) 高速光走査
 (7) 産業化応用技術開発 (8) シーズ・ニーズのマッチングによる企業連携

13 研究発表の状況(研究論文等公表状況。印刷中も含む。)

上記、11(4)に記載した研究成果に対応するものには*を付すこと。

<雑誌論文>

- ・[*1]楠本利行, “超高強度フェムト秒レーザーによるレーザー加工システム開発”, 静岡県工業技術研究所浜松工業技術支援センター第10回研究・開発成果発表会要旨集, 2017, No.02
- ・[*2]坪井昭彦, 沖原伸一郎, 楠本利行, “光産業創成大学院大学 光加工・プロセス分野の紹介 -教育システムとその特徴, および活動状況-”, レーザ加工学会誌, 24(3), 2017, pp.8-12
- ・[*3]舟山博人, 楠本利行, 内山文宏, 森清和, 坪井昭彦, 田口伸, 森芳孝, “品質工学(タグチメソッド)を用いたフェムト秒レーザーによる加工条件最適化”, レーザ加工学会第89回講演会要旨集, 2018, in press.

<図書>

なし

<学会発表>

- ・[*4]楠本利行, “超高強度フェムト秒レーザーによるレーザー加工システム開発”, 静岡県工業技術研究所浜松工業技術支援センター第10回研究・開発成果発表会, 平成29年6月9日
- ・[*5]舟山博人, 楠本利行, 内山文宏, 森清和, 坪井昭彦, 田口伸, 森芳孝, “品質工学(タグチメソッド)を用いたフェムト秒レーザーによる加工条件最適化”, レーザ加工学会第89回講演会ポスター講演1, 平成30年5月23日

<研究成果の公開状況>(上記以外)

シンポジウム・学会等の実施状況、インターネットでの公開状況等

<既に実施しているもの>

「レーザーによる中核人材育成講座」HPにて、本研究プロジェクト成果の一部である fsUSPL 加工機を使用している旨、公開している

参考 URL: <http://www.gpi.ac.jp/chukaku/pillar.html#anchor02>

<これから実施する予定のもの>

なし

14 その他の研究成果等

「12 研究発表の状況」で記述した論文、学会発表等以外の研究成果及び企業との連携実績があれば具体的に記入してください。また、上記11(4)に記載した研究成果に対応するものには*を付してください。

・[*6] 平成28年度より、ローランドディー・ジー株式会社と共同研究を開始し、その旨をプレスリリースしてHP等にて公開した。

研究内容は、セラミックへのレーザー加工技術開発。現在、ローランドディー・ジー株式会社の100%子会社である DGSHAPE 株式会社と継続的に共同研究を行っている。

法人番号	221009
プロジェクト番号	S1511020L

参考 URL: ローランドディー.ジー.株式会社企業ニュース(平成 28 年 6 月 17 日)

<https://www.rolanddg.com/ja/news/2016/160617-roland-dg-joint-research-on-laser-fabrication-technology-with-gpi>

・[*7]本学主催の企業所属者向け人材育成プログラム

本学は平成 23 年度より、レーザー加工技術を産業界にて活用できるよう、企業所属者向けにレーザー加工技術を活用できる人材育成プログラム「レーザーによるものづくり中核人材育成講座」を毎年開講している。平成 28 年度より、この講座内にて開催している実習講義の一つ「レーザー実習 1: 短パルスレーザー加工」において、本研究プロジェクトで作成した fsUSLP 加工機による実習を行っている。また、平成 29 年度より、この講座内にて「ケーススタディ1 品質工学を応用したパラメータの最適化実習」として、レーザー加工条件出しへの品質工学(タグチメソッド)の適応方法をケーススタディとして講義している。この際に使用するレーザー加工実験結果として、本研究プロジェクトにて作成した fsUSLP 加工機実験結果を利用している。このケーススタディは、講座の特色ある講義の一つとして、パンフレットにて紹介されている。

参考 URL: レーザーによる中核人材育成講座 パンフレット、本講座の特徴およびカリキュラム HP

<http://www.gpi.ac.jp/chukaku/pamphlet2017.pdf>

<http://www.gpi.ac.jp/chukaku/pillar.html#anchor02>

<http://www.gpi.ac.jp/chukaku/curriculum2016.pdf>

なお、この講座は、文部科学省の大学等における社会人や企業等のニーズに応じた実践的・専門的なプログラム「職業実践力育成プログラム」(BP)として認定されており、この講座のうちの「プラス実習コース」は、厚生労働大臣より中長期的なキャリア形成を支援する講座として指定を受けている。

15 「選定時」に付された留意事項とそれへの対応

<「選定時」に付された留意事項>

特になし

<「選定時」に付された留意事項への対応>

法人番号	221009
プロジェクト番号	S1511020L

16 施設・装置・設備・研究費の支出状況(実績概要)

(千円)

年度・区分	支出額	内 記						備 考
		法 人 負 担	私 学 助 成	共同研 究機関 負担	受託 研究等	寄付金	その他()	
平成 27 年度	施設	0						
	装置	34,624	17,312	17,312				フェムト秒レーザー装置
	設備	0						
	研究費	4,920	2,460	2,460				18.研究費の支出状況参照
平成 28 年度	施設	0						
	装置	0						
	設備	0						
	研究費	9,300	4,650	4,650				18.研究費の支出状況参照
平成 29 年度	施設	0						
	装置	0						
	設備	6,119	4,079	2,040				卓上5軸加工装置(受注生産品)
	研究費	6,300	3,150	3,150				18.研究費の支出状況参照
総 額	施設	0	0	0	0	0	0	
	装置	34,624	17,312	17,312	0	0	0	
	設備	6,119	4,079	2,040	0	0	0	
	研究費	20,520	10,260	10,260	0	0	0	
総 計	61,263	31,651	29,612	0	0	0	0	

17 施設・装置・設備の整備状況 (私学助成を受けたものはすべて記載してください。)

《施設》(私学助成を受けていないものも含め、使用している施設をすべて記載してください。)

(千円)

施設 の 名 称	整備年度	研究施設面積	研究室等数	使用者数	事業経費	補助金額	補助主体
光産業創成大学院大学 本館居室 A棟実験室 B棟共通実験室他	平成15年度	180m ²	6	7	0	0	0

※ 私学助成による補助事業として行った新增築により、整備前と比較して増加した面積

0 m²

法人番号	221009
プロジェクト番号	S1511020L

《装置・設備》(私学助成を受けていないものは、主なもののみを記載してください。)

(千円)

装置・設備の名称	整備年度	型番	台数	稼働時間数	事業経費	補助金額	補助主体
(研究装置) フェムト秒レーザー装置	平成27年度	Astrella-F-1K	1	276 h h h h h	34,624	17,312	私学助成
(研究設備) 卓上5軸加工装置(受注生産品)	平成29年度	卓上5軸加工装置受注生産品	1	33 h h h h h h h h h	6,119	4,079	私学助成
(情報処理関係設備)							

18 研究費の支出状況

(千円)

年度	平成 27 年度			
小科目	支出額	積算内訳		
		主な用途	金額	主な内容
教 育 研 究 経 費 支 出				
消耗品費	2,940	レーザー用光学部品	2,940	レーザー用ミラーおよびその治具類等
光熱水費				
通信運搬費				
印刷製本費				
旅費交通費				
報酬・委託料				
()				
計	2,940		2,940	
ア ル バ イ ト 関 係 支 出				
人件費支出 (兼務職員)				
教育研究経費支出				
計	0			
設 備 関 係 支 出(1個又は1組の価格が500万円未満のもの)				
教育研究用機器備品	1,980	エアコン、パワーメーター、IRビューワー、集塵機、遮蔽ブース	1,980	エアコン(200×2)、パワーメーター(650)、IRビューワー(330)、集塵機(200)、遮蔽ブース(400)
図書				
計	1,980			
研 究 ス タ ッ フ 関 係 支 出				
リサーチ・アシスタント				
ポスト・ドクター				
研究支援推進経費				
計	0			

法人番号	221009
プロジェクト番号	S1511020L

年 度	平成 28 年度			
小 科 目	支 出 額	積 算 内 訳		
		主 な 使 途	金 額	主 な 内 容
教 育 研 究 経 費 支 出				
消 耗 品 費	2,112	実験用光学素子・治具・ワーク等購入費	2,112	アッテネーターおよび加工光学系作成用光学部材およびその治具、レーザー用ミラー、加工試験用ワーク等
光 熱 水 費				
通 信 運 搬 費				
印 刷 製 本 費				
旅 費 交 通 費	870	国際会議参加費用および海外企業訪問移動費、参加費および宿泊費	870	国際会議参加費用、海外にて海外企業との連携に関する打ち合わせ(3名分)
報 酬 ・ 委 託 料 ()				
計	2,982		2,982	
ア ル バ イ ト 関 係 支 出				
人 件 費 支 出 (兼 務 職 員)				
教 育 研 究 経 費 支 出 計	0			
設 備 関 係 支 出 (1 個 又 は 1 組 の 価 格 が 5 0 0 万 円 未 満 の も の)				
教 育 研 究 用 機 器 備 品	6,318	空間光位相変調器、ガルバノスキャナー式	6,318	空間光位相変調器、ガルバノスキャナー式
図 書				
計	6,318		6,318	
研 究 ス タ ッ フ 関 係 支 出				
リサーチ・アシスタント				
ポスト・ドクター				
研究支援推進経費				
計	0			

年 度	平成 29 年度			
小 科 目	支 出 額	積 算 内 訳		
		主 な 使 途	金 額	主 な 内 容
教 育 研 究 経 費 支 出				
消 耗 品 費	4,178	実験用光学部材、治具・ワーク等購入費	4,178	アッテネーター改良用および倒立顕微鏡型加工装置作成用光学部材、加工ワーク等の購入
光 熱 水 費				
通 信 運 搬 費				
印 刷 製 本 費				
旅 費 交 通 費				
報 酬 ・ 委 託 料 ()				
計	4,178		4,178	
ア ル バ イ ト 関 係 支 出				
人 件 費 支 出 (兼 務 職 員)				
教 育 研 究 経 費 支 出 計	0			
設 備 関 係 支 出 (1 個 又 は 1 組 の 価 格 が 5 0 0 万 円 未 満 の も の)				
教 育 研 究 用 機 器 備 品	2,122	特注架台(2台)、倒立顕微鏡作成用自動ステージ式	2,122	特注架台(303および317)、倒立顕微鏡作成用自動ステージ式(1,502)
図 書				
計	2,122		2,122	
研 究 ス タ ッ フ 関 係 支 出				
リサーチ・アシスタント				
ポスト・ドクター				
研究支援推進経費				
計	0			