

光・量子を活用したSociety 5.0実現化技術 工程表

研究開発項目	2018年度計画	2019年度計画	2020年度計画	2021年度計画	2022年度計画	出口戦略	製品化
(研究開発項目 1)レーザー加工							
CPS型レーザー加工機システムに係る研究開発							
システム開発	<ul style="list-style-type: none"> 実績収集・学習用の加工・計測システムの基本設計 システム設計に基づく光源等要素技術評価 要素間連携方式のプロトタイプ設計 実績収集・学習用の加工・計測システムの試験装置開発 	<ul style="list-style-type: none"> 詳細観察の要素技術評価に基づく加工過程観測の手法の検証 実績収集・学習用の加工・計測システムの試験装置の検証 特定用途向け自動パラメータ探索型加工機の実装 	<ul style="list-style-type: none"> 加工過程観測手法の検証に基づくリアルタイム観察要素技術の検証 特定用途向け自動パラメータ探索型加工機の実装 実績収集・学習用の加工・計測システム本装置の実装 	<ul style="list-style-type: none"> コンソーシアム試用からのフィードバックに基づく優先項目抽出と対応する要素技術のブラッシュアップ 実績収集・学習用の加工・計測システム本装置の実装と試運用 自動パラメータ探索型加工のチューニング 	<ul style="list-style-type: none"> 実績収集・学習用の加工・計測システム本装置の運用によるデータ蓄積の高速化 加工方式の初期選定時におけるリードタイムを9割程度削減することに貢献 自動パラメータ探索型加工の実証、難加工材料の加工によるデモンストレーション 	<ul style="list-style-type: none"> コンソーシアム加工プラットフォームにおける運用による評価・ニーズ情報の収集に基づく可用性の拡張 パラメータ抽出サービスの自体の事業化設計 製造装置企業への要素技術移転・販売のための業務委託によるモジュラーパッケージング 	<p>コンソーシアム加工プラットフォームにおける、加工対象に対する加工パラメータ提供サービス (試用価格 2021～、商業価格 2023～)</p> <p>製造装置企業へCPS化コアモジュール提供 (2025～)</p>
体制整備評価・フィードバック、社会実装	<ul style="list-style-type: none"> TACMIコンソーシアムとの連携体制整備 TACMIコンソーシアムの加工プラットフォームへの装置提供・運用ルール整備 	<ul style="list-style-type: none"> TACMIコンソーシアムの加工プラットフォームにおける試験装置の試運用準備・開始 	<ul style="list-style-type: none"> 試験装置運用に基づく試用評価・ニーズ情報の設計へのフィードバック 特定用途向け自動パラメータ探索型加工機の加工プラットフォームでの運用準備・開始 	<ul style="list-style-type: none"> 開発機器のコンソーシアム資金(1)による運用 ユーザー企業等に有料(2)で加工パラメータ抽出等に試用提供 試用評価・ニーズ情報の設計へのフィードバック 	<ul style="list-style-type: none"> 自動パラメータ探索型加工機の加工プラットフォームでの運用準備・開始 ユーザー企業等への有料提供 試用評価・ニーズ情報の設計へのフィードバック 		
民間からの出資(人材、物資、資金等)	(0%)	(0%)					
					<p>1 利用者が負担する費用を原資とする 2 維持費・消耗品・運用人件費等に相当する費用</p>		
							<ul style="list-style-type: none"> 実装した機器をTACMIコンソーシアム等の加工プラットフォーム等に提供し、コンソーシアムの会員に対して、コンソーシアムの枠組みにて試用提供 利用するユーザー企業等に有料(維持費・消耗品・運用人件費等に相当)で加工パラメータ抽出等に試用してもらい、その評価・ニーズを開発にフィードバック

TRLや民間からの拠出比率は計画策定時の期待値であり、今後の研究に応じて変更がありうる。

光・量子を活用したSociety 5.0実現化技術 工程表

研究開発項目	2018年度計画	2019年度計画	2020年度計画	2021年度計画	2022年度計画	出口戦略	製品化
空間光制御技術に係る研究開発							
1) 産業に適用可能な空間光制御デバイス (SLM) の高性能化	<p>レーザー加工ニーズ収集 耐光性SLMデバイス作製・評価に関する基礎評価実験実施 大面積SLMの試作条件出しのための基礎評価</p> <p>TRL1</p>	<p>薄膜製膜技術の最適化による平面度向上による高精度化 大面積SLM製造の平面度向上の最適化</p> <p>TRL3</p>	<p>高耐光SLMの実現 (平均強度 100W レベル、位相制御精度 1/100波長以下) ユーザの使用環境に関する情報や要求仕様等に適合するデバイス評価</p> <p>TRL5</p>	<p>紫外耐光・高精度位相変調機能を両立したSLMの試作・評価・改良 大面積SLMの平面度向上、最適化</p> <p>TRL7</p>	<p>大面積かつ高耐光性の広波長領域SLMの実現 3桁以上の高速応答性SLMの実現 (高出力レーザー加工の高性能化に必要なSLMデバイス製造技術を獲得し、100~1000倍程度の生産性向上実証)</p> <p>TRL7</p>	<ul style="list-style-type: none"> 研究参画企業による上市 研究参画企業での継続開発 (SLMデバイス、顕微モジュール等) レーザーメーカーへの技術供給・モジュール供給 顕微イメージングメーカーへの技術供給・モジュール供給 	<p>高耐光液晶SLM (2020~)</p> <p>大面積高機能SLM (2023~)</p> <p>高精度・高スループット型加工モジュール (2023~)</p>
2) 産業応用を加速する高精度レーザー加工モジュールの構築	<p>SLMを搭載したレーザー加工モジュールおよびレーザー加工プラットフォーム構築を目指した設計、仕様策定、評価実験 既存のレーザー加工システムを用いた加工試験</p> <p>TRL1</p>	<p>高性能化SLMによるパラメータ可変加工・評価技術の確立 レーザー光源の高出力化の検討</p> <p>TRL3</p>	<p>一般産業用途用レーザーにSLMを組み合わせたモジュールによるレーザー加工実施ニーズに合致した加工試験によりSLMを用いたレーザー加工の有効性を実証</p> <p>TRL3</p>	<p>実用化試験用プラットフォームの構築 プラットフォーム用レーザー光源の開発</p> <p>TRL5</p>	<p>高スループットでのレーザー加工実現ニーズに連動した加工試験の実施</p> <p>TRL5</p> <p>外部ユーザとの連携によるレーザー加工実証実験とユーザビリティ向上</p> <p>TRL3</p>	<ul style="list-style-type: none"> 実用化試験用プラットフォームの整備、試用機会提供 ユーザーおよび産学官と連携した新規ニーズの開拓とソリューションの創出 	<p>高速高集積SLM (2025~)</p> <p>最適制御型加工モジュール (2025~)</p>
民間からの出資 (人材、物資、資金等)	(10%程度)	(35%程度)	(50%以上)	(50%以上)	(50%以上)		

TRLや民間からの拠出比率は計画策定時の期待値であり、今後の研究に応じて変更がありうる。

光・量子を活用したSociety5.0実現化技術 工程表

研究開発項目	2018年度計画	2019年度計画	2020年度計画	2021年度計画	2022年度計画	出口戦略	製品化
フォトリソグラフィ結晶レーザー(PCSEL)に係る研究開発							
(1) CWおよびパルス動作型の高輝度フォトリソグラフィ結晶レーザー光源の開発	<p>TRL1</p> <p>(基盤技術)</p> <ul style="list-style-type: none"> 高輝度化のための2重格子点フォトリソグラフィ結晶構造の深化 電流注入分布制御のための電極構造の第一次設計 スロープ効率向上のためのDBRや基礎吸収抑制構造の探索 <p>(CW動作・合波)</p> <ul style="list-style-type: none"> 放熱治具の第一次試作 安定したCW動作のための課題抽出 合波系の設計 大面積ワンチップ高出力デバイスの設計に着手 <p>(パルス動作)</p> <ul style="list-style-type: none"> ナノ秒パルス駆動回路の設計に着手 	<p>(基盤技術)</p> <ul style="list-style-type: none"> 2重格子点構造の詳細設計 電流注入分布制御構造の試作 DBR構造等の設計・作製法の確立 <p>(CW動作・合波)</p> <ul style="list-style-type: none"> 放熱治具の最適化、実装技術の構築 安定したCW動作を可能とするフォトリソグラフィ結晶構造の設計指針の確立 合波の要素技術確立 大面積ワンチップ高出力デバイスの設計完了、作製法構築 <p>(パルス動作)</p> <ul style="list-style-type: none"> ナノ秒パルス駆動回路設計 	<p>(基盤技術)</p> <ul style="list-style-type: none"> 2重格子点構造最適化、電流分布制御、上方取り出し最適化・基礎吸収抑制の要素技術確立、狭発散角:$<0.2^\circ$、スロープ効率0.8~1W/A等を達成 <p>(CW動作・合波)</p> <ul style="list-style-type: none"> 放熱・実装の要素技術確立 安定したCW動作を可能とするフォトリソグラフィ結晶構造の設計完了 合波系の構築 大面積ワンチップ高出力デバイスの第二次試作 <p>(パルス動作)</p> <ul style="list-style-type: none"> ユーザー企業からのフィードバックに基づくデバイスの深化、性能向上と第二試作。信頼性評価。 	<p>(CW動作・合波)</p> <ul style="list-style-type: none"> 放熱治具へと実装し、安定したCW動作可能なフォトリソグラフィ結晶レーザー光源の構築 フォトリソグラフィ結晶レーザーを用いた合波システムの構築 大面積ワンチップ高出力デバイスの高輝度化、放熱・実装技術の構築 TRL4 <p>(パルス動作)</p> <ul style="list-style-type: none"> ユーザー企業と連携したLiDARシステムの深化・発展。PCSEL技術の高度化 TRL5~6 	<p>(CW動作・合波)</p> <ul style="list-style-type: none"> 高輝度(1GW $\text{cm}^{-2}\text{sr}^{-1}$) CW動作やその合波に目途をつける 大面積ワンチップ高出力デバイスの有効性を明らかにする TRL5 <p>(パルス動作)</p> <ul style="list-style-type: none"> 高輝度(1GW $\text{cm}^{-2}\text{sr}^{-1}$ ビーム品質(M^2)~2、出力10W超)ナノ秒パルス動作を達成し、ビーム整形光学系不要、高いSN比、高い環境変化耐性を有するフォトリソグラフィ結晶レーザーを実現 TRL7 	<ul style="list-style-type: none"> 高輝度PCSELの設計技術、デバイス作製技術、各種評価技術及びデバイスの制御技術等の民間企業への技術移転および、そのための拠点整備 センサや加工機等のシステムそのものを開発している各種の企業への提供および、そのための拠点整備 	<p>加工システム用CWフォトリソグラフィ結晶レーザー (2025~)</p> <p>センシング用ナノ秒パルスフォトリソグラフィ結晶レーザー (2023~)</p>
	(2) フォトリソグラフィ結晶レーザーのスマート化	<p>TRL1</p> <ul style="list-style-type: none"> ビーム走査のためのフォトリソグラフィ結晶構造の設計・試作 電流注入制御法の基礎を構築 	<ul style="list-style-type: none"> 設計したフォトリソグラフィ結晶構造の作製法の確立 検討した電流注入法の試作と機械学習の検討開始 	<ul style="list-style-type: none"> 様々な方向へのビーム出射技術の確立、ユーザー企業との連携による新たなLiDARコンセプトの有用性検討 機械学習法の要素技術確立(電流注入とビーム形状の相関関係の学習) TRL3 	<ul style="list-style-type: none"> アプリケーションに応じたビーム拡がり角や解像点数をもつ、ビーム走査デバイスの開発 機械学習を活用したビーム形状制御 	<ul style="list-style-type: none"> フォトリソグラフィ結晶レーザーのスマート化により、電氣的制御による狙った方向へのビーム出射、さらに機械学習によるビーム形状制御の開発完了 TRL4 	<ul style="list-style-type: none"> 各種企業に提供した結果のフィードバックによる、フォトリソグラフィ結晶レーザーの性能向上の促進により普及が加速される
民間からの出資(人材、物資、資金等)	(10%程度)	(30%程度)	(40-50%程度)	(50%程度)	(50%程度)		

TRLや民間からの拠出比率は計画策定時の期待値であり、今後の研究に応じて変更がありうる。

光・量子を活用したSociety 5.0実現化技術 工程表

研究開発項目	2018年度計画	2019年度計画	2020年度計画	2021年度計画	2022年度計画	出口戦略	製品化
(研究開発項目 2)光・量子通信 量子暗号技術							
1) 量子暗号技術 BB84方式（超高速専用線向け）	TRL2 耐タンパー・低コスト化のための試作課題対策/仕様策定の完了	耐タンパ性を保証しつつ部品調達コストを従来比で半減化	TRL4 自社内サービスプラットフォームへの適用と1か月連続稼働試験の完了	量子暗号装置の保守運用技術の確立とガイドライン作成	TRL7 運用ガイドライン及びセキュリティ設計仕様案を完成	政府機関・医療等の重要通信インフラへの導入へ向け、事前営業活動により開発完了から普及へシームレスに移行 ・マーケティング（～2019） ・ビジネス可能性検証（～2020） ・運用ノウハウ蓄積、啓蒙（～2022） ・QKD普及開始（2023頃～）	BB84方式によるQKD装置の実用化（2021～）達成
CV-QKD方式（既存光回線秘匿化向け）	準製品化のための要件定義と主要部品の選定完了	光学系及び制御装置の試作と動作検証 基本設計の完了	プロトタイプ試作 商用回線環境での動作実証	部品手配、製造試作評価/検証 準製品化装置の試運転、安定性と耐障害性テストの完了	準製品化完了 通信キャリア商用回線での稼働試験 200kbps@10kmを実現		CV-QKD方式によるQKD装置の実用化（2025～）
要素デバイス技術	物理乱数源の高速化検討 光子検出器等のサプライチェーン検討	物理乱数源の高速化実装 部品ベンダーの調査	物理乱数源の現状比10倍高速化 部品ベンダーとの交渉	物理乱数源の小型化 部品サプライチェーン構築	小型高速の物理乱数源の企業への技術移転（サイズ 従来比2分の1、速度 現状比10倍） 部品サプライチェーンの確立		
安全性保証技術、評価検定制度	安全性評価項目の網羅的リスト作成 評価手法の開発 ETSIにてAPI標準化方針の合意形成 量子鍵配送技術推進委員会の活動開始	評価手法の実機検証 評価基準の更新手法 確立 ETSIにてAPIの標準化達成	安全性保証基準書を作成し（社）量子ICTフォーラム等に技術文書として提案 ETSIとの連携調整 ISO/IEC、ITU-Tへの寄書提出	社会実装の結果を踏まえ、評価検定制度、推奨方式リストのドラフト作成、（社）量子ICTフォーラム等との調整を継続 評価・検定制度のモデル提案	実機の安全性保証評価の達成 国内外の標準化組織より勧告の発行 制度設計提案書の作成、及び関係省庁・機関への提案		

BB84方式についてGBの判断では令和2年度まで達成とし、以降小型化・低コスト化に関する項目については本プロジェクトの所掌範囲外とする。

光・量子を活用したSociety 5.0実現化技術 工程表

研究開発項目	2018年度計画	2019年度計画	2020年度計画	2021年度計画	2022年度計画	出口戦略	製品化	
2) 量子セキュアクラウド技術	<p>TRL3</p> <p>量子暗号鍵管理と高効率秘密分散の統合化設計指針の確立（使い捨て鍵管理、データ機密度・利用頻度に応じた高効率アクセス法） 秘匿計算の軽量化法の検討（安全性・速度バランスに関する複数候補の比較評価）</p>	<p>100km圏量子暗号ネットワーク上での高効率秘密分散の実装、基本機能検証 秘匿計算の軽量化方式の試作と様々なデータによる性能比較評価、最適方式の選定完了</p>	<p>TRL5</p> <p>10Mbps以上の速度での秘匿計算機能検証を完了 電子カルテ等模擬テキスト情報の高速秘密分散の実証（320MBのデータを標準ストレージに3時間以内に格納）</p>	<p>ゲノムデータTB級のデータに対し50Mbps以上の速度での分散ストレージの実証 秘密分散ネットワーク上に秘匿計算機能およびデータフィルタリング機能を実装</p>	<p>TRL7</p> <p>秘密分散・秘匿計算、鍵管理技術、アクセス権管理技術のフィールドテストベッド上に実装しゲノムデータ解析(80GB)に対しての有効性を検証 災害時等1Mbps程度の低容量回線を用いても支障なく電子カルテデータの相互参照を実証</p>	<p>1) 量子暗号技術、 2) 量子セキュアクラウド、に同じ出口戦略</p> <p>政府機関・医療等の重要通信インフラへの導入へ向け、事前営業活動により開発完了から普及へシームレスに移行</p> <ul style="list-style-type: none"> マーケティング（～2019） ビジネス可能性検証（～2020） 運用ノウハウ蓄積、啓蒙（～2022） QKD普及開始（2023頃～） 	<p>量子セキュアクラウド技術のアプリケーションを製品化（2025～）</p> <p>QKD装置量産化（2025～）</p>	
3) 社会実装	<p>秘匿情報資産の分類と要件定義の完了（種別、サイズ、優先度、利用頻度等） ゲノム解析データリアルタイム伝送の実証(10km圏)</p>	<p>SS-MIX等の標準化医療データ向けのアプリケーションの設計、試作 ゲノム情報の秘密分散システムの構築（3拠点、10km圏）</p>	<p>10km圏3拠点ネットワーク上でのゲノム解析データの50Mbpsでの秘密分散の実装 800km圏の電子カルテ秘密分散保管システム(H-LINCOS)のD24Hと接続 100km圏ネットワークでのカルテデータ、生体認証用データの分散保管の長期安定性実証</p>	<p>数10GBのSS-MIX準拠電子カルテ模擬データの2Mbpsでの高速秘密分散 HPKI準拠のアクセス制御の構築、顔認証と連動した多要素認証の実証 レーザー加工関連の重要データの秘匿通信の実現と連続稼働 金融業界での取引で使用されているプロトコルの実装と暗号化伝送</p>	<p>ゲノム/医療分野や製造分野等での試験運用を継続</p> <p>ビジネスモデルの構築、用途拡大、ユーザ獲得に向けた営業活動</p>			
医療ストレージネットワーク、企業・国家等重要インフラ	<p>レーザー加工コンソーシアムとの連携</p>	<p>レーザー加工プラットフォームへの導入に向けた基礎検討と要件定義</p>	<p>潜在顧客へ向けマーケティング活動、デモ製造、評価、検定のエコシステム化検討</p>	<p>民間からの出資（人材、物資、資金等） （30%程度）</p>	<p>（35%程度）</p>			<p>（50%程度）</p>

TRLや民間からの拠出比率は計画策定時の期待値であり、今後の研究に応じて変更がありうる。

研究開発項目	2018年度計画	2019年度計画	2020年度計画	2021年度計画	2022年度計画	出口戦略	製品化
<p>(研究開発項目 3)光電子情報処理 次世代アクセラレータ基盤に係る研究開発</p> <p>民間からの出資（人材、物資、資金等）</p>	<p>内閣府「ImPACT」、文部科学省「Q-LEAP」、経済産業省・NEDO「高効率・高速処理を可能とするAIチップ・次世代コンピューティングの技術開発事業」の状況を踏まえ、今後詳細を決定する。</p> <p>上記検討にあたって、必要な調査を実施する。</p> <p>(25%)</p>	<p>1) 次世代アクセラレータ・コデザイン</p> <ul style="list-style-type: none"> 各種アプリケーションプログラムのボトルネック調査 ボトルネックと次世代アクセラレータとの相関性調査 調査結果を踏まえた設計指針の確定 <p>TRL2</p> <p>2) 次世代アクセラレータインタフェース技術</p> <ul style="list-style-type: none"> 各種アクセラレータの入出力調査 各種アクセラレータの入出力計算・データ量調査 調査結果を踏まえた設計指針の確定 <p>TRL2</p> <p>3) 次世代アクセラレータ活用の社会実装の加速</p>	<ul style="list-style-type: none"> 次世代アクセラレータ・コデザイン問題定式化完了 各種アプリケーションプログラムとアクセラレータを用いたプロトタイププログラム開発完了（第1段階） <ul style="list-style-type: none"> 各種アクセラレータと問題との性質調査 各種アクセラレータインタフェースのプロトタイプ設計完了 <p>(50%)</p>	<ul style="list-style-type: none"> 次世代アクセラレータ・コデザイン問題の解法を確定 各種アプリケーションプログラムとアクセラレータを用いたプロトタイププログラム開発完了（第2段階） <ul style="list-style-type: none"> 各種アクセラレータインタフェース設計とコデザイン問題の解法への適用完了 <ul style="list-style-type: none"> CPSスマート製造領域への次世代アクセラレータ活用の加速 さまざまな次世代アクセラレータの活用を検討する企業群からなる社会実装コンソーシアムの拡大 <p>(50%)</p>	<ul style="list-style-type: none"> 次世代アクセラレータ・コデザイン基盤を実現するソフトウェアの実装完了とオープンテストベッド化の完了 代表的なアプリケーションへ適用評価し、古典アクセラレータのみの技術と比べ10-100倍の高速化し、企業による準製品化を完了し、社会実装コンソーシアムで活用 <p>(50%)</p>	<ul style="list-style-type: none"> 次世代アクセラレータ・コデザインソフトウェアのオープン化による試用拡大 アプリケーション最適化サービスの事業化への貢献 	<p>アプリケーション最適化サービス (ユーザ試用: 2023~ 商用利用: 2025~)</p>