

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
空間光制御技術に係る研究開発							
1) 産業に適用可能な光・量子制御デバイスの高性能化	SLM構成要素（ミラー等）の最適化による耐光性向上 大面積SLMの製造技術の確立（条件出し） 高速高集積SLMの検討開始 TRL1	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 TRL3	高耐光SLMの試作（100W, 位相制御1/100レベル） 液晶SLMの高速化の達成 大面積SLMの試作・評価 高速・高集積化SLMの試作評価 TRL5	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 TRL7	紫外耐光対応・大面積・高精度なSLMと、高速(3桁以上)SLM製造技術確立 開発したSLMを用いて多点同時加工を実証（100 1000倍の生産性向上） TRL7	<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 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>高耐光液晶空間光制御デバイス (2020~)</p> <p>大面積高機能空間光制御デバイス (2023~)</p> <p>高精度・高スループット型加工モジュール (2023~)</p> <p>高速高集積空間光制御デバイス (2025~)</p> <p>最適制御型加工モジュール (2025~)</p>
2) 産業応用を加速する光・量子制御モジュールの構築	レーザー光源とSLMを組み合わせた加工試験体制の構築 レーザー光のビームパターン制御時の集光特性および材料加工性能を評価 TRL1	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 TRL3	加工パラメータの最適化によるスループット向上の確認 レーザー光源の高出力化技術の確立 TRL3	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 TRL5	ユーザーと連携した加工試験によりスループット向上を実現 実用化に向けた指針確立 TRL5		
民間からの出資（人材、物資、資金等）	(5%程度)	(15%程度)	(15%程度)	(20%程度)	(30%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の実現のための要素技術の確立 (2) フォトリソグラフィ結晶レーザーのスマート化	(共通技術) 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 スローブ効率向上のためのDBR構造、基礎吸収抑制構造の探索 (CW動作・合波) 安定したCW動作のための課題抽出 合波系の設計 (パルス動作) ナノ秒パルス電気回路の設計に着手 TRL1	(共通技術) 2重格子点構造の詳細設計 DBR構造等の設計・作製法の確立 (CW動作・合波) 安定したCW動作を可能とするフォトリソグラフィ結晶の設計指針の確立 合波の要素技術の確立 (パルス動作) ナノ秒パルス電気回路設計 TRL1	(共通技術) DBR構造や基礎吸収抑制構造を導入した2重格子点PCSELの試作、狭発散角 $<0.2^\circ$ 、スローブ効率 $0.8\sim 1W/A$ の達成 (CW動作・合波) 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 (パルス動作) ナノ秒パルス電気回路試作 TRL3	(CW動作・合波) 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試作 PCSELを用いた合波の試作 TRL4 (パルス動作) 実験と計算のフィードバック・最適化によるPCSELの高度化 ナノ秒パルス電気回路の最適化 TRL5~6	(CW動作・合波) 高輝度($1GW\text{ cm}^{-2}\text{sr}^{-1}$) CW動作やその合波に目途をつけ、レーザー加工光源への適用性を実証 (パルス動作) 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移転 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 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。 	加工システム用CWフォトリソグラフィ結晶レーザー (2025~) 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~)
	民間からの出資(人材、物資、資金等) (30%程度)	民間からの出資(人材、物資、資金等) (30%程度)	民間からの出資(人材、物資、資金等) (35%程度)	民間からの出資(人材、物資、資金等) (35%程度)	民間からの出資(人材、物資、資金等) (40%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
(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 (超高秘匿専用線向け)	TRL2 耐タンパ・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	ゲノム/医療分野や製造工場での利用に必要な保守運用技術の確立	TRL7 製品化ドキュメント、運用マニュアルの作成を完了	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 (2023~) CV-QKD方式によるQKD装置の実用化 (2025~)
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 試作ドキュメントを完成		
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国内標準化機関に技術文書として提案 ETSIとの連携・調整(作業項目化) ISO/IECへの提案検討	社会実装の結果を踏まえ、評価検定制度のドラフト作成、国内標準化機関との調整を継続 評価・検定制度エコシステムのモデル構築	実機の安全性保証評価の達成 制度設計提案書の作成、及び関係省庁・機関への提案		

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
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>TRL5</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>秘匿計算機能を搭載した100km圏量子セキュアクラウドのプロトタイプの構築 電子カルテ等模擬テキスト情報の高速秘密分散の実証（救急医療情報1MB/人を30秒以内に統合・復元する機能の実証）</p>	<p>TRL7</p> <p>100km圏量子セキュアクラウドの長期運用試験（1k 10kB/s級の量子暗号鍵供給スループットと数か月周期での秘密分散更新操作の実証） 数10GBの電子カルテ模擬データの高速秘密分散の実現（MB/s級の処理速度の実現）</p>	<p>TRL7</p> <p>オープンテストベッド化 企業への技術移転化</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>	<p>量子セキュアクラウド技術のミドルウェアを製品化（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>100km圏量子セキュアクラウドを含む800km圏秘匿回線網の電子カルテ等の広域秘密分散保管の実証 ゲノム情報の10km圏秘密分散保管の実証</p>	<p>市町村規模の電子カルテ模擬データの高速秘密分散により地域医療連携や災害医療の模擬実験を完了 ゲノム情報秘密分散保管システムの運用</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>	<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～） 	
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>実環境への量子暗号装置の設置と安定動作検証</p>	<p>実データを扱うためのインターフェース開発、量子暗号通信の初期試験</p>	<p>装置製造、販売体制構築の準備</p>		
出口戦略へ向けた取り組み	<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>ビジネスモデルの設計</p>				
民間からの出資（人材、物資、資金等）	（25%程度）	（45%程度）	（45%程度）	（45%程度）	（40%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。