

# 量子技術イノベーション戦略に基づく 府省の取組状況

---



令和2年9月

- 量子技術は、将来の経済・社会に変革をもたらす、安全保障の観点からも重要な基盤技術であり、米欧中では本分野の研究開発を戦略的かつ積極的に展開
- 我が国においても「量子技術イノベーション」を明確に位置づけ、日本の強みを活かし、重点的な研究開発や産業化・事業化を促進。量子コンピュータのソフトウェア開発や量子暗号などで、世界トップを目指す

## <量子技術イノベーション創出に向けた重点推進項目>

### I 重点領域の設定

- ✓ 世界に先駆けて「量子技術イノベーションを実現」



- ✓ 「主要技術領域」、「量子融合イノベーション領域」を設定し、ロードマップを策定

〔例：量子コンピュータ、量子通信・暗号、量子AI、量子セキュリティ〕

- ✓ 研究開発支援を大幅に強化し、企業等からの投資を呼び込み

### II 量子拠点の形成

- ✓ 国内外から人や投資を呼び込む「顔の見える」拠点が不可欠



- ✓ 「量子技術イノベーション拠点(国際ハブ)」の形成を本格化

〔例：量子ソフトウェア研究拠点、量子慣性センサ研究拠点〕

- ✓ 基礎研究から技術実証、人材育成まで一気通貫で実施

### III 国際協力の推進

- ✓ 産業・安全保障の観点から、欧米との国際連携が極めて重要



- ✓ 量子技術に関する多国間・二国間の協力枠組みを早期に整備

〔令和1年12月に日米欧3極によるシンポジウムを日本で初開催〕

- ✓ 特定の国を念頭に安全保障貿易管理を徹底・強化

上記の取組を含め、量子技術イノベーションの実現に向けて、5つの戦略を提示

【1】  
技術開発戦略

【2】  
国際戦略

【3】  
産業・イノベーション  
戦略

【4】  
知財・国際標準化  
戦略

【5】  
人材戦略

# 【1】技術開発戦略の取組状況 1/4

## 概要

- 量子技術の基盤となる技術領域として**主要技術領域**を設定し、領域毎に**重点技術課題**と**基礎基盤技術課題**を特定
- 重点技術課題を対象に「**技術ロードマップ**」を策定し、国直轄プロジェクト等を通じた**幅広い研究開発支援**を推進
- 基礎基盤技術課題を対象に、ファンディングを通じた**基礎的・基盤的な研究支援**を推進

## 文科省 光・量子飛躍フラッグシッププログラム(Q-LEAP)

### 1. 概要・方法

- 経済・社会的な重要課題に対し、**光・量子技術**を駆使して、**非連続的な解決(Quantum leap)**を目指す研究開発プログラム
- 技術領域毎に**Flagshipプロジェクト**と**基礎基盤研究**を採択  
※ 令和2年度から新規Flagshipプロジェクトとして、量子AI、量子生命を開始

### 2. 予算額・期間

- R2予算額：32億円（R1予算額：22億円）
- 期間：最大10年間、ステージゲート評価を踏まえ研究開発を変更又は中止

## Q-LEAP：量子計測・センシング 領域

### 内容

・**固体量子センサ**を用いて、脳磁計測やエネルギーデバイスの電流・温度のリアルタイムモニタリングを実現(東工大)

・更に令和2年度から医学・生命科学と量子計測・センシング技術を融合・連携し、**量子生命技術**を切り拓く新規プロジェクトを開始(QST)



固体量子センサ（ダイヤモンドNVセンタ素子）による高感度センシング

### 主な成果

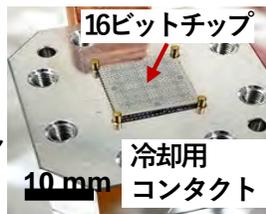
高精度脳磁計測に向けて、単一NVセンタ素子で世界最高磁場感度を実証

## Q-LEAP：量子情報処理 領域

### 内容

・日本発の**超伝導量子ビットを高集積化・高品質化**し、**NISQ\*デバイスを開発**。クラウドサービスで提供(理研)  
NISQ\*:ノイズのある中規模な量子コンピュータ

・更に令和2年度から**量子計算手法を機械学習に適用、AIを高度化**。量子化学・量子物理計算に基づきマテリアルズインフォマティクス等を高度化(阪大)



### 主な成果

16個の量子ビットを4×4の配列で2次元に集積化、チップ試作を完了量子ビットの制御ソフトウェアを開発、制御試験を開始

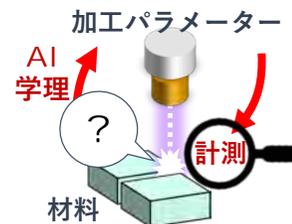
## Q-LEAP：次世代レーザー 領域

### 内容1

職人の試行錯誤に頼らず**瞬時に最適な加工パラメータを算出**できる**CPS型レーザー加工シミュレータを開発**(東大)

### 主な成果

機械学習AIによって、実際の石英ガラスの加工結果に近い予想をすることに成功



### 内容2

化学反応等の**超高速の電子の動きを計測・制御**する**極短パルスレーザー光システムを開発**(東大)

### 主な成果

・大強度化（100 mJ 級, 1.6 μm）に成功等

# 【1】技術開発戦略の取組状況 2/4

## 戦略的創造研究推進事業

### 1. 概要・方法

- 国の戦略目標の下で、ネットワーク型研究所を構築して、イノベーション指向の目的基礎研究を推進
- チーム型研究の「CREST」や若手研究者向けの「さきがけ」等の制度により、戦略目標の達成に資する研究を推進

### 2. 予算額・期間

- R2予算額：418億円の内数(R1予算額424億円の内数)

### 3. これまでの成果（抜粋）



量子コンピュータアルゴリズム研究と量子ソフトウェア開発において世界的に注目【藤井 啓祐 大阪大学大学院教授】  
(H28～ さきがけ, H29～ Q-LEAP)



最高水準のシリコン量子ビットの研究とゲート操作の実現で世界を牽引【榎茶 清悟 理化学研究所CEMS副センター長】  
(H28～ CREST等)

### 4. 実施内容・実施機関

戦略目標	量子状態の高度制御による新たな物性・情報科学フロンティアの開拓		量子コンピューティング基盤の創出
制度	CREST	さきがけ	さきがけ
研究領域名	【量子技術】 量子状態の高度な制御に基づく革新的量子技術基盤の創出	【量子機能】 量子の状態制御と機能化	【量子情報処理】 革新的な量子情報処理技術基盤の創出
研究総括	荒川泰彦 東京大学特任教授	伊藤公平 慶應義塾大学教授	富田 章久 北海道大学教授
実施期間 (延長含む)	2016～2022年度	2016～2020年度	2019～2024年度

## 総務省：量子暗号に関する研究開発プロジェクト

### 1. 概要・方法

- 地上系と衛星系を組み合わせた**量子暗号通信の長距離化・ネットワーク化を可能とする技術**の研究開発等を実施

- (1) グローバル量子暗号通信網構築のための研究開発
- (2) 衛星通信における量子暗号技術の研究開発

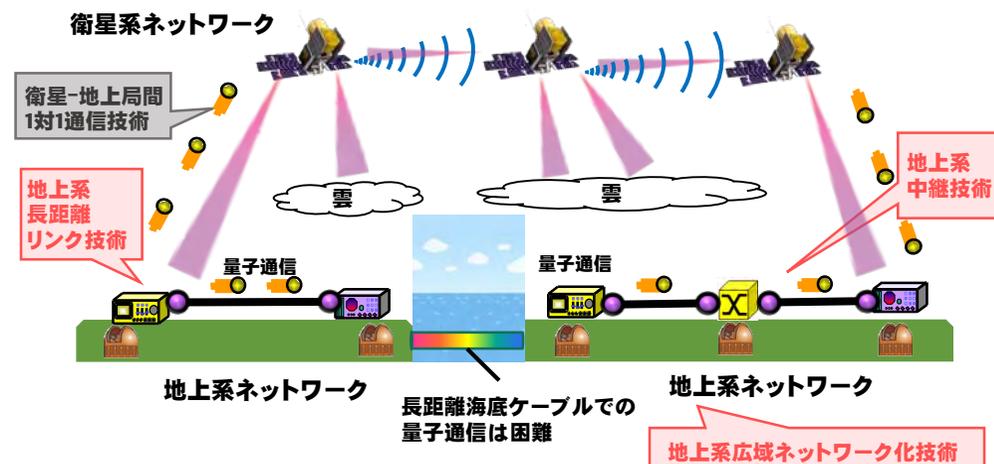
### 2. 予算額・期間

- (1) R2予算額：14.4億円（2020～2024年度）
- (2) R2予算額：3.4億円（2018～2022年度）

### 3. 実施内容・実施機関

- (1) 地上系量子暗号通信の長距離リンク技術、中継技術、広域ネットワーク化技術等の研究開発を推進中（研究委託先：東芝等）
- (2) 量子暗号通信技術を超小型衛星に搭載すべく、衛星-地上局間の量子暗号通信技術の研究開発を推進中（研究委託先：次世代宇宙システム技術研究組合（NESTRA）等）

※ 衛星系ネットワークについてはR3年度新規予算要求予定



# 【1】技術開発戦略の取組状況 3/4

## 経産省（NEDO執行）： AIチップ・次世代コンピューティングの技術開発事業

### 1. 概要・方法

- 社会に広範に存在する組合せ最適化問題に特化したアニーリングマシン（量子コンピュータである「量子アニーリングマシン」やデジタル回路を用いたアニーリングマシン）の技術開発を実施
- ハードウェアからインターフェイス、ソフトウェア・アプリケーションに至るまで、一体的に開発を推進

### 2. 予算額・期間

- R2予算額：94.2億円の内数  
（R1予算額：84.9億円の内数）
- 期間：平成30年度～令和9年度

### 3. 実施内容・実施機関

- NEDOより企業・研究機関・大学等に対して研究開発を委託

 「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」  
(2018-2027)令和2年度予算額：94.2億円の内数



※外部協力・連携先を含む

## 経産省（NEDO執行）： 光エレクトロニクスの実装に向けた技術開発事業

### 1. 概要・方法

- 光エレクトロニクス（光と電気を融合して情報通信処理を行う技術）を用いて、電子回路と光回路を組み合わせた光電子変換チップ内蔵基板（光電子インターポーザ）技術を確立することにより、データセンタにおける省エネルギー化を目指す

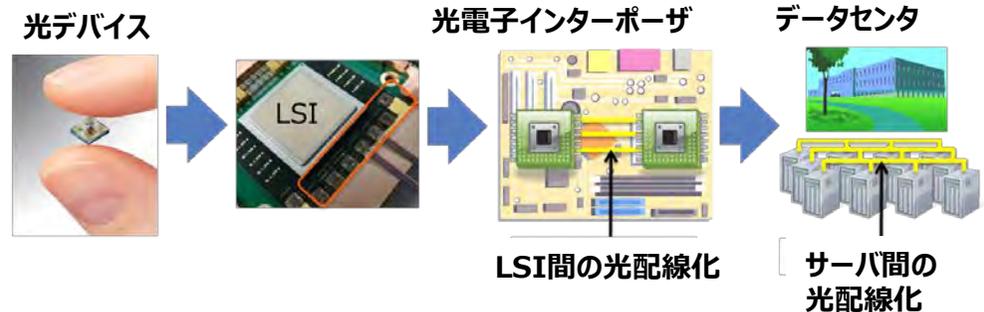
### 2. 予算額・期間

- R2予算額：18.4億円（R1予算額：17.4億円）
- 期間：平成25年度～令和3年度

### 3. 実施内容・実施機関

- NEDOより技術研究組合光電子融合基盤技術研究所（PETRA）に対して研究開発を委託
- 電気信号と光信号を相互に変換する光デバイスの開発や、光デバイスをインターポーザ上に実装し、それを光ファイバーと接続するための実装技術等の開発を実施

### 【事業イメージ】



# 【1】技術開発戦略の取組状況 4/4

## 内閣府：戦略的イノベーション創造プログラムSIP第2期

### 1. 概要、方法

- 課題「光・量子を活用したSociety 5.0実現化技術」
- モデル化の最も困難なレーザー加工をテーマにCPS(Cyber-Physical System)を構築し、スマート製造の実用化でSociety 5.0の実現に貢献

2. 予算額、期間：280億円(R2年度)の内数、期間：5年

### 3. 実施内容、実施機関、成果

- ①レーザー加工 (東大等)CPS型レーザー加工機システム、(浜ホト等)空間光制御技術等、(京大等)フォトニック結晶レーザー
- ②光・量子通信 (NICT等)量子暗号技術、量子セキュアクラウド
- ③光電子情報処理 (早大等)次世代アクセラレータ基盤



## 内閣府・文科省：ムーンショット型研究開発制度

### 1. 概要、方法

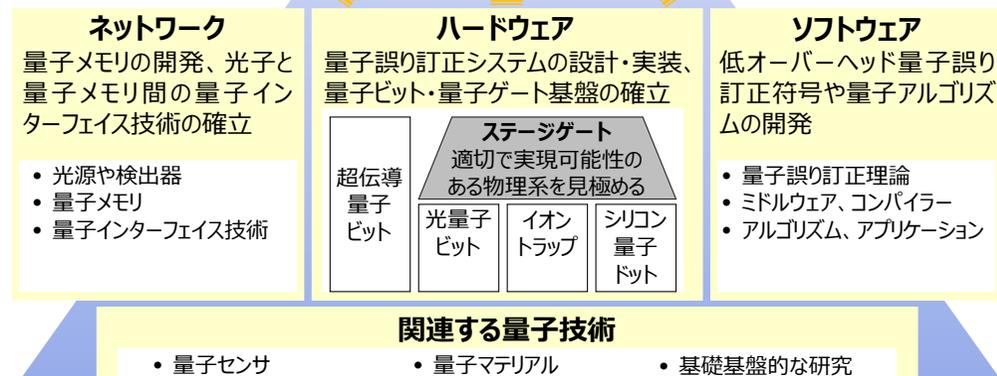
- 目標6「2050年までに、経済・産業・安全保障を飛躍的に発展させる誤り耐性型汎用量子コンピュータを実現」
- 2050年頃までに、大規模化を達成し、**誤り耐性型汎用量子コンピュータを実現**

2. 予算額、期間：予算額未定、5年(最長10年)

**2050** 大規模化を達成し、誤り耐性型汎用量子コンピュータの実現

**2040** 分散処理型NISQ量子コンピュータの実証  
量子誤り訂正下での有用タスク計算

**2030** 一定規模のNISQ量子コンピュータの開発と  
量子誤り訂正の有効性実証



## 内閣府：官民研究開発投資拡大プログラム (PRISM)

- 「量子技術領域」を新設

## 【2】国際戦略の取組状況

- 概要**
- 量子技術に関する高い研究・技術水準等を有する国との間で、**多国間・二国間の協力枠組み**を整備・構築
  - 政府・大学・研究機関等の多層的かつ戦略的な二国間の協力枠組みを構築し、具体的協力を推進
  - 量子技術を含む先進技術の**安全保障貿易管理**を推進

### 日米欧量子科学技術国際シンポジウム & 専門家会議

- 日時：**2019年12月16日(月)～18日(水)**
- 場所：**京都 Brighton Hotel**
- 主催：科学技術振興機構(JST)
- 後援：内閣府、総務省、文部科学省、経済産業省
- プログラム：
  - 12/16(月)～17(火) **日米欧量子科学技術国際シンポジウム**
  - 12/17(火)～18(水) **「量子情報処理」、「量子計測・センシング」、「量子通信」の専門家会議**
  - 12/17(火) **日EUバイ会合**
  - 12/18(水) **ムーンショット分科会6「量子現象等の活用による未踏領域の創出」**
- 出席者：
  - (招待講演者)** 日米欧の政府・アカデミアの代表者
  - (参加者総数412名)** アカデミア、産業界、省庁関係者等

- 討議結果(概要)：
  - (1)日米欧が量子に関する高い研究・技術水準を有しており、**結びつきと協力を一層強化**することが有益であるとの認識
  - (2)「第2次量子革命」の促進に向けて、**具体的な協力の仕組みを拡大**することの重要性を確認
  - (3)日米欧において、**重層的な関係を構築**するとともに、継続的交流を進めていくことの重要性を確認



### 日米間の量子協力に関する東京声明

- 日時：**2019年12月19日(木)12:10～12:40**
- 場所：**内閣府**
- 署名者：
  -  Nicholas Hill 在日米国大使館 経済・科学担当公使
  -  松尾泰樹 内閣府政策統括官(科学技術・イノベーション担当)
- 声明内容(概要)：
  - ・日米が共有する価値観に支えられた誠実な協力
  - ・ワークショップ、セミナー等を通じた協業
  - ・人材交流等の支援等



### 日EUバイ会合

- 日時：2019年12月17日(水)12:15～15:00
- 場所：京都 Brighton Hotel
- 概要：日・EUが重点的に協力して取り組む可能性のある分野の候補を議論
  - (1)量子シミュレーション…光トラップポテンシャル等
  - (2)量子コンピュータ…固体プラットフォーム等
  - (3)量子通信・暗号…量子リピーター技術等
  - (4)量子計測・センシング…固体量子センシング等

# 【3】産業・イノベーション戦略の取組状況 1/2

## 概要

- 基礎研究から技術実証、オープンイノベーション、知財管理、人材育成等まで**一気通貫で行う（国際ハブ）**を形成
- 国内外から優れた研究者・技術者を結集するとともに、**企業等から積極的な投資**を呼び込む
- 産学官の多様なステークホルダーが集い、**量子技術の産業利活用等を検討・模索する場（コンソーシアム）**を設ける
- 量子技術の事業化・市場化に向けて、**企業等の投資環境**や、**ベンチャー企業の創設を促進する環境**を整備

## 量子生命科学拠点

### 1. 概要・方法

- QSTが有する研究開発基盤を強化し、**量子生命科学に関する量子技術イノベーション拠点**を形成
- 国内外の大学・研究機関・企業等と連携して、基礎研究から技術実証、オープンイノベーション、知財管理、人材育成等を一体的に実施
- 最先端の量子技術の開発と社会実装を加速するとともに、国際感覚豊かな若手リーダーを育成

### 2. 予算額・期間

- R2予算額：2億円（R1予算額：2億円）  
R1補正予算額：33億円
- 期間：R4年に量子生命科学研究中心（仮称）完成目標

### 3. 実施内容・実施機関

- 量子技術イノベーションによる革新的応用（QST）**  
・健康長寿社会の実現、安全安心社会の実現
- 量子生命科学分野の若手リーダーの育成（QST）**  
・量子生命科学分野におけるネイティブの育成  
・国際感覚豊かな若手リーダーの育成による国際的イニシアティブ



イメージ図

## 共創の場形成支援プログラム

### 1. 概要・方法

- 多様な主体や活動の様態に応じた**産学官共創を推進**するとともに、国の分野戦略に基づき成果を生み出す、国際的にも認知・評価が高い持続的な産学共創拠点を形成
- 量子技術分野においては、**「量子ソフトウェア研究拠点」及び「量子慣性センサ・光格子時計研究拠点」**の形成を目指す

### 2. 予算額・期間

- R2予算額：138億円の内数（JST運営費交付金中推計額）
- 支援期間：最長10年間

### 3. 実施内容・実施機関

#### ①量子ソフトウェア（量子AI等）研究拠点

- ・中核機関：公募中(7月14日～9月8日)
- ・研究対象：量子機械学習のソフトウェアの研究開発

#### ②量子慣性センサ・光格子時計研究拠点

- ・中核機関：公募中(7月14日～9月8日)
- ・研究対象：最先端の航法サイエンスと社会ニーズに対応した光格子時計の研究開発

※ 1 拠点あたり最大4億円/年

個別研究開発課題の研究費に加え、産学連携マネジメント等の体制整備費も含む



# 【3】産業・イノベーション戦略の取組状況 2/2

## 総務省：量子セキュリティ拠点

### 1. 概要・方法

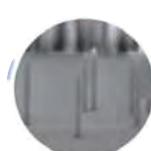
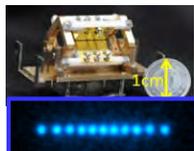
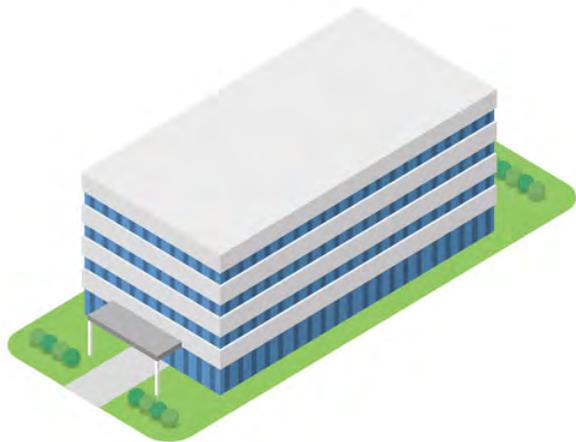
- 新たな融合領域である「量子セキュリティ」分野を切り拓くべく、関連する研究開発、技術検証、人材育成、社会実装等を総合的に推進し、産学官の国際的な協創による新たな価値創造を促進する、**量子セキュリティに関する量子技術イノベーション拠点を形成**

### 2. 予算額・期間

- 令和元年度補正予算額：35億円(NICT施設整備補助金)

### 3. 実施内容・実施機関

- NICT（東京都小金井市）内での量子セキュリティ研究拠点の整備・形成をR2年度より本格的に開始

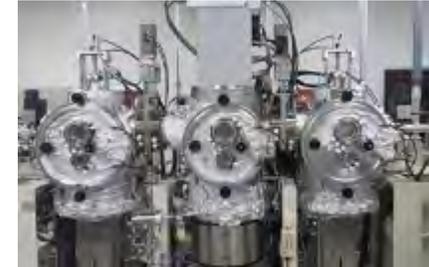


※ NICTでは、量子暗号実用化の研究開発に加えて、将来的にネットワーク内のすべてにおいて情報を量子的に処理するために必要な量子ノード技術等の実現に向け、基礎研究に取り組んでいるところ

## 経産省：量子デバイス開発拠点

### 1. 概要・方法

- 産総研が有する研究開発基盤を強化し、**量子デバイス開発に関する量子技術イノベーション拠点を形成**
- 量子コンピューティングや量子センシング等の量子デバイスについて、企業、大学、研究機関と連携した研究開発を実施
- 超伝導デバイス開発施設やシリコン量子デバイス開発施設、量子特性の高精度計測・評価施設等を保有



### 2. 予算額・期間

- R2予算額：616億円の内数（R1予算額：623億円の内数）（予算額は産総研の運営費交付金額）
- 期間：R2年に量子デバイスを含む次世代コンピューティング拠点の整備に着手

### 3. 実施内容・実施機関

- **アニーリング方式量子コンピュータ(NEDO)**
  - ・超伝導3次元実装技術を用いた大規模超伝導量子アニーリングマシンの開発
- **超伝導ゲート方式量子コンピュータ**
  - ・超伝導量子ビット集積回路の3次元実装技術
- **シリコンゲート方式量子コンピュータ**
  - ・シリコン量子ビット集積回路設計・製造
- **量子計測・センシング**
  - ・量子効果を利用し、計測器の超高精度基盤の確立

# 【4】知的財産・国際標準化戦略の取組状況

## 概要

- 大学・研究機関等における**オープン・クロズド戦略**を強化
- 量子技術に関する国際的な競争力強化・市場獲得に向けて、技術的な優位性を活かした**国際標準化に係る戦略的な取組**を展開

## 総務省：量子暗号装置の社会実装に向けた試験

### 1. 概要・方法

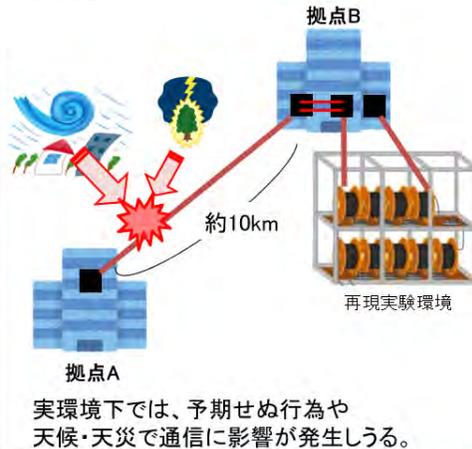
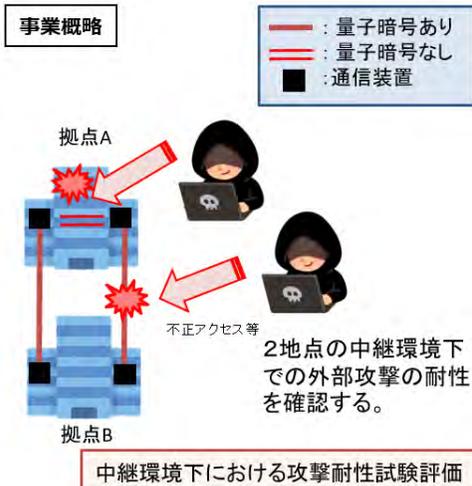
- 商用化が検討されている量子暗号通信装置も活用し、**セキュリティ面の強化**や**社会実装性の向上に必要な試験等**を推進

### 2. 予算額・期間

- 令和元年度補正予算額：43.9億円(NICT運営費交付金)

### 3. 実施内容・実施機関

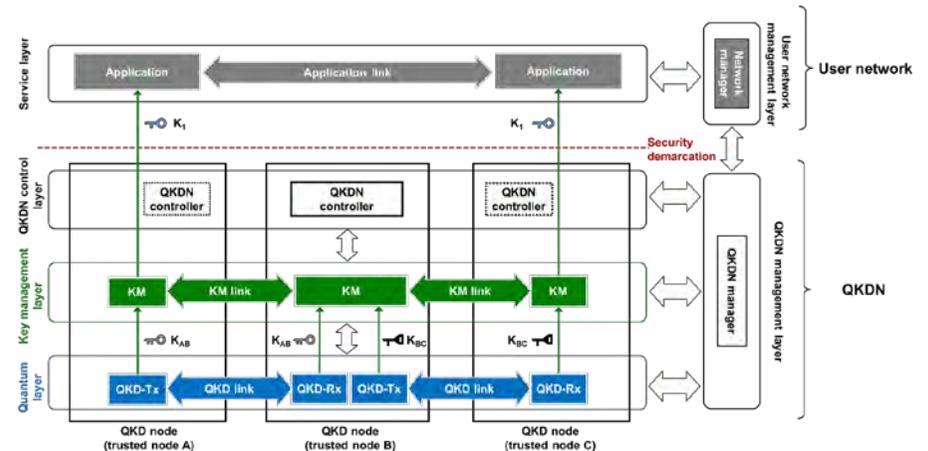
- ・ 量子暗号通信の適正な社会実装を加速するため、NICTが主体となり、実際のユーザを想定した具体的な検証環境を整備
- ・ 実際に利用した際の攻撃耐性の確認、通信障害への対応策等を様々な観点から検討する試験を実施



実環境下での天候等の影響の評価や長距離通信の信頼の評価等を行う。

## 総務省：QKDの標準化取組

- ・ ITU-Tにおいて、量子暗号分野で初となる勧告2件が成立  
Study Group 13, Question 16,  
Y.3800 "Overview on networks supporting quantum key distribution" (2019年10月25日)  
Y.3801 "Functional requirements for quantum key distribution networks" (2020年4月29日)
  - ・ **日本の量子暗号ネットワーク技術が国際標準化**
  - ・ 今後、ITU-Tにおける量子暗号関連の標準は、Y.3800、Y.3801に基づいて開発される
  - ・ NICT、NEC、東芝が文書作成を主導、NECが関連特許を宣言
- ※ ITU-Tでは10件の量子暗号関連の勧告草案を編纂中(2020年8月26日現在)



ITU-T Y.3800で規定された量子暗号ネットワークの基本構成

# 【5】人材戦略の取組状況

## 概要

- 高等教育段階で教育・研究環境等を充実・強化し、**優れた若手研究者・技術者を戦略的に育成・確保**
- 国内の研究者の確保に加え、海外の優れた研究者等を招聘・確保
- 早期から量子技術を使いこなす高い知識・技能を持つ「**量子ネイティブ（Quantum Native）**」の育成に向けて、量子技術への興味関心を喚起

## Q-LEAP 人材育成プログラム

### 1. 概要・方法

- 持続的な量子技術分野の人材層の強化に資する高等教育段階での人材育成プログラム（共通的なコアカリキュラム等）の開発

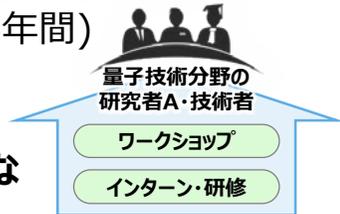
### 2. 予算額

- R2予算額：32億円（R1予算額：22億円）の内数

### 3. 実施内容・実施機関

#### ①体系的に学習できる共通的なコアカリキュラムの開発

- ・実施機関：国立情報科学研究所(6年間)
- ・開発したコアカリキュラムの学位認定プログラムの一部としての活用



#### ②各教育機関の特色を生かした先進的な人材育成プログラムの開発

- ・実施機関：東大、東北大(3年間)
  - ・量子特有の概念に親しむ機会を設けるとともに**社会の理解を促進**
- (例：仮想スタートアップ企業チーム学習、若手研究者と学生によるサマースクール)



## NICTにおける量子ICT人材育成プログラム “NQC”



### 1. 概要・方法

- 量子セキュリティ拠点として、量子ICTネイティブ人材を育成する講習会等を大学、企業等と連携しながら実施（今秋から開始）

### 2. 対象者 高専生、大学生、大学院生等

### 3. 実施内容

#### ①講習会・演習

量子ICTに関する基礎知識や技能に関する座学・演習を実施

#### ②探索型/課題解決型研究

量子ICTに関する研究課題の実施を通じてエキスパートを育成

