

新たな情報通信技術戦略の 重点研究開発分野・課題の方向性 (案)

令和2年1月
事務局

総務省にて赤色で強調

検討の目的

Society5.0の実現やグローバル展開に向けたICT技術戦略を推進するため、次期科学技術基本計画や国立研究開発法人情報通信研究機構(NICT)の次期中長期計画等を見据えつつ、ICT分野で国が重点的に取り組むべき技術課題や社会実装方策等について検討を行う

検討項目・論点

- **近年の社会情勢やニーズを踏まえ、国として取り組むべきICT分野の研究開発課題**
 - 進展が著しい技術(AI、脳情報、量子暗号、B5G等)を含めた重点領域の特定
 - 産学官の役割分担を踏まえ国として取り組むべき研究開発分野・課題
- **技術成果の社会実装方策及びオープンイノベーションに対応した研究開発の環境整備等**
 - 社会実装の推進方策、産学連携及びオープンイノベーション体制の在り方
 - 研究開発による社会課題解決に向けた貢献方策
 - 産学連携及びオープンイノベーションに資する研究拠点の在り方
 - 競争的資金を含めた国の研究開発プログラムの在り方

方向性（案）の背景情報

- ・ 各種政府戦略等

統合イノベーション戦略2019の全体像

- 統合戦略策定後、戦略に基づく大学改革などの取組は進展。一部の競争力ランキングにおいて順位上昇の動きも
- 一方、科学技術イノベーションを巡る国外の変化は顕著（イノベーション覇権争いの激化、異質化したデジタル化など）
- 我が国の論文の質・量については国際的地位が大幅低下、創業を通じた社会実装の力は未だ低調
- こうした状況を踏まえ、「社会実装」や「研究力基盤の強化」を中心に、統合戦略2019を策定

統合イノベーション戦略
2019のポイント

1 Society 5.0の社会実装
(スマートシティの実現)
創業/政府事業のイノベ化

2 研究力の強化

3 国際連携の
抜本的強化

4 最先端(重要)分野の
重点的戦略の構築

知の源泉

- Society 5.0データ連携基盤整備の本格化/研究基盤データ整備/EBPMの促進
- スマートシティ等のアーキテクチャー構築

知の創造

イノベーション・エコシステムの創出

- 研究力強化・若手研究者支援総合パッケージの策定
- 大学・国研の共同研究機能等の外部化
- 大学ガバナンスコードの策定、将来ビジョンの提示
- 初等中等からリカレントまでの人材育成改革

戦略的な研究開発の推進

- 破壊的イノベーションを目指したムーンショット型研究開発
- 社会実装を目指した研究開発(SIP、PRISM)

知の社会実装

Society 5.0の実装 (スマートシティ)

- 政府一体の取組と本格的実施
- 官民連携プラットフォームの創設

創業環境の徹底強化

- エコシステム拠点都市形成(大学(起業家教育)、民間組織(アクセラレーション)等)

政府事業・制度等におけるイノベーションの推進

- 政府事業イノベーション化拡大(公共事業から他分野への展開)
- 公共調達ガイドラインの普及・実践

知の国際展開

SDGs達成のための科学技術イノベーションの推進

- ロードマップ策定の国際議論を主導
- プラットフォームの構築

国際ネットワークの強化

- 国際スマートシティ連合の枠組み構築
- 国際研究開発拠点の形成(バイオ、量子)

強化すべき分野での展開

基盤的技術分野

- **AI技術**
- 全高校生がデータサイエンス・AIのリテラシーを習得
- AI研究開発ネットワークの構築
- AI社会原則の国際枠組み構築

バイオテクノロジー

- 市場領域を絞ったロードマップの策定
- データ基盤統合化/国際バイオ都市圏形成

量子技術

- 「量子技術イノベーション戦略」策定

応用分野

- **環境エネルギー**
- 「革新的環境イノベーション戦略」の策定
- **安全・安心**
- 技術ニーズとシーズのマッチングの仕組みの構築
- 重要技術分野への資源の重点配分
- **農業・宇宙・海洋**

- AI中核センター群の強化・抜本的改革と研究開発ネットワークによってAI研究開発の日本型モデルを構築し、日本を世界の研究者から選ばれる魅力的な拠点化
- 次世代AI基盤技術等の戦略的推進、世界レベルの自由かつ独創性を発揮できる創発研究の推進

研究環境整備



制度・インフラの整備

- 計算資源強化
- 研究や勤務・生活に関する環境整備（サバティカル、報酬等）

創発研究支援体制

- 世界をリードする研究者の確保
- 海外大学・機関との連携強化

基盤的・融合的な技術 (AI Core)

Basic theories and Technologies of AI (AIの基礎理論・技術)

- 現在の深層学習ではできない難題解決可能なAI
- **革新的自然言語処理技術・音声処理技術の研究開発**
- **脳モデルを利用したAI技術の研究開発** 等

Device and Architecture for AI (AIのデバイス・アーキテクチャ)

- エッジ向けコンピューティングデバイス（小型・低消費電力）
- クラウド型コンピューティングデバイス（大容量・低消費電力）
- 次世代コンピューティングデバイス（量子情報処理等）

Trusted Quality AI (AIの品質保証)

- 個人データなどの保護と流通を促す技術
- 説明出来るAI（現在の深層学習の原理を理論的に解明し、結果の根拠等を理解可能化）
- AIからのアウトプットの品質保証 等

System Components of AI (AIのシステム構成要素)

- 創造発見型：AIによる科学的発見の研究
- 実世界適用AI：ものづくりプロセスを革新するAI、最新の機械学習を実世界に適応する技術
- 人間共生型AI：**言葉の壁を越える、翻訳・通訳ができるAI** 等

「量子技術イノベーション戦略」が対象とする技術の範囲(案)

総務省にて
赤色で強調

社会実装

技術領域

基盤技術

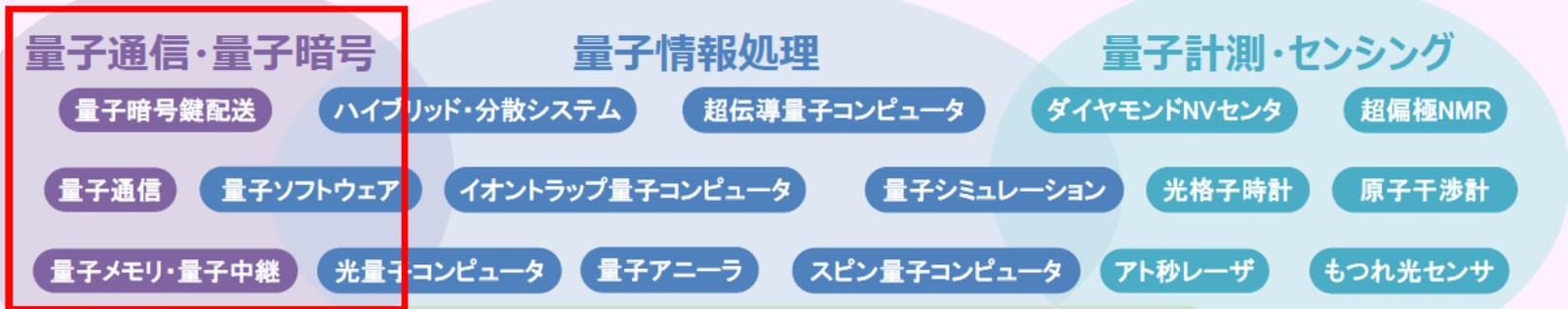
基礎学理



量子セキュリティ

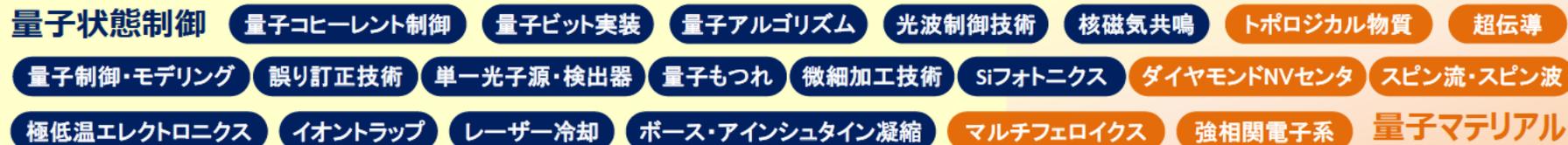
量子AI

量子生命技術



エレクトロニクス
フォトニクス
スピントロニクス

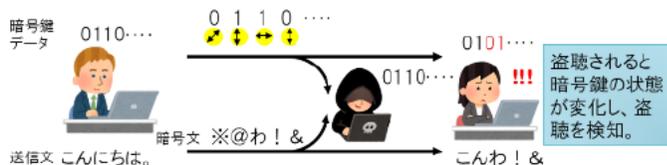
耐量子計算機暗号
量子inspired
量子inspiredアルゴリズム
イジング型コンピュータ
量子情報理論による情報理論の再定式化



○量子暗号により、絶対に破られない暗号サービスが実現されるため、セキュリティの危殆化の懸念なく高秘匿情報をインターネット上でやり取りすることのできる社会が実現される。

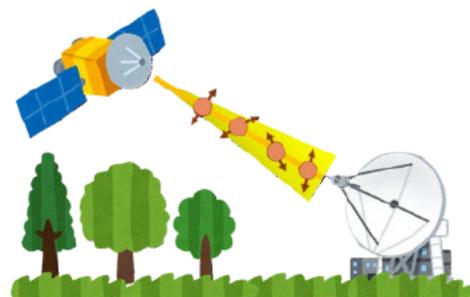
量子暗号|光ファイバー

- ✓ 暗号鍵データを光子に乗せ、光ファイバーで量子鍵を配送。あらゆる盗聴攻撃を検知し、情報理論的安全性が証明されている唯一の暗号方式
- ✓ 日本の強みは、高性能な量子暗号装置。一方で、低価格化やアプリケーションとの融合が課題
- ✓ データ保存や秘匿計算を組合わせた我が国独自のシステムを開発し、社会実装につなげることが重要



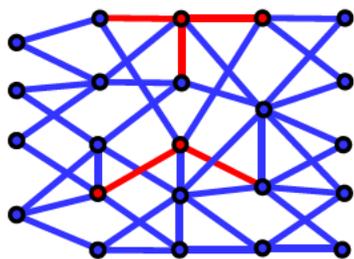
量子暗号|衛星通信

- ✓ 衛星間や衛星-地上局間で量子鍵配送を実施し、大陸間で高秘匿通信を可能とする技術
- ✓ 日本でも、光通信分野では世界最小となる超小型衛星を開発し、予備実験を実施
- ✓ 本技術の実現に向け、光子伝送の高速化、高精度レーザー捕捉追尾技術等の開発を行うことが重要



量子通信

- ✓ 光子の重ね合わせや量子もつれ状態などの伝送・制御により、超高効率の通信を実現する技術
- ✓ ネットワークアーキテクチャや集積化に向けた開発、超高効率通信に向けた量子受信機の研究開発が課題
- ✓ 超高効率通信以外にも、量子情報を量子コンピュータへ伝送する手段などへの応用も期待



量子中継

- ✓ 量子暗号は光の損失により100km程度の通信距離が限界。現在、物理的に盗聴者を侵入させない古典的手法で中継しており、理論上安全な中継技術は未確立
- ✓ 日本には、半導体技術やダイヤモンド結晶成長技術など、量子中継デバイスの集積化の強みとなり得る技術がある。
- ✓ 一方、実現には伝送速度、誤り訂正などの課題があり、長期的視点から取り組む必要がある。

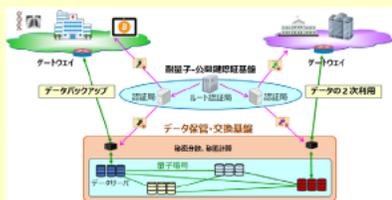


- 近年、量子コンピュータでも解読困難な**耐量子計算機暗号技術**や現在の公開鍵認証基盤からの移行技術に関する検討が活発化している。また、クラウドサービス向けの**秘密分散**や**秘密計算**も実用化されつつある。
- これらの技術を量子暗号と統合することにより「超長期の機密性、改竄耐性、可用性、計算機能を有する量子セキュリティ技術」を実現でき、将来にわたり堅牢なセキュリティを持ったサイバー空間を構築することができる。

量子セキュアクラウド

- ✓ 量子暗号、秘密分散、秘密計算、耐量子計算機暗号を統合
- ✓ 将来にわたり盗聴や改竄を防ぎ、秘匿性を保ったまま計算を実行

事業継続性のあるデータバックアップや安全なデータ2次利用を実現し、社会保障費の削減や新サービスを創出

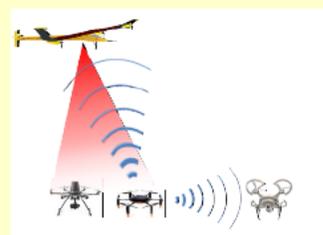


(出典：NICT)

適応的物理レイヤ暗号

- ✓ 光や電波の量子的、電磁氣的性質に基づく無線暗号通信技術を開発
- ✓ 通信路の状況に応じて最適な電磁波帯域を用いて情報理論的に安全な暗号通信を実現

IoT機器やドローン等が、いつでもどこでも高速かつ安全な通信ができるサービスを提供



量子暗号
不確定性原理、物理乱数

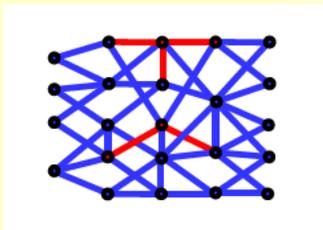
×

情報セキュリティ
現代暗号、計算機科学、ネットワーク理論

光・量子ネットワーク暗号化

- ✓ 量子暗号、秘密分散、ネットワーク理論を統合
- ✓ 複数のノードとリンクで分散的に符号化・暗号通信する光・量子ネットワーク暗号化技術を開発

サービス停止攻撃耐性や可用性に優れたスケラブルな秘匿通信ネットワークを実現



量子セキュア移動通信ネットワーク

- ✓ 衛星、ドローン、コネクテドカー等の移動体に量子セキュリティ技術を実装
- ✓ モビリティ、接続性、安全性に優れた移動通信技術を開発

宇宙、成層圏、高高度から地上網まで網羅する大容量かつ安全な移動通信ネットワークを実現



(出典：NICT)

量子セキュリティ技術により、永続的セキュリティを持ったサイバー空間を構築！

成長戦略フォローアップ2019 (令和元年6月21日 閣議決定)

I. Society 5.0の実現

1. デジタル市場のルール整備

(2) 新たに高ずべき具体的施策

ii) データ流通の促進

②流通・活用環境の整備

イ) ネットワークの更なる強化と高度化の推進

- ・今後の電波利用ニーズの拡大への対応として、**Beyond 5Gの要素技術**やその円滑かつ迅速な導入に必要となる実世界の電波伝搬を模擬的に再現する試験環境……**等に関する研究開発を推進するとともに…。**

世界最先端デジタル国家創造宣言・官民データ活用推進基本計画 (令和元年6月14日 閣議決定)

第1部 世界最先端デジタル国家創造宣言

V. 社会基盤の整備

1 5Gを軸とした協業促進によるインフラ再構築

(3) 5G環境等の普及、光ファイバ網の整備

今後の電波利用ニーズの拡大への対応として5Gの普及・高度化に向け、5G基地局の小型化や高エネルギー効率化、高信頼化……に関する研究開発を推進する

……

さらに、ネットワーク機能向上に向けた5Gの高度化や量子通信技術等の研究開発を強化する……

成長戦略実行計画（令和元年6月21日 閣議決定）

I. Society 5.0の実現

1. デジタル市場のルール整備

（2）新たに高ずべき具体的施策

ii) データ流通の促進

③サイバーセキュリティの確保

- ・ サプライチェーンリスクに対応するため、2022年度までを目途に**5Gを含むシステム等に組み込まれた不正な機能や脆弱性を効率的に検出する技術開発・検証を進め、その成果を踏まえた対応策の重要インフラ事業者等への浸透を図る**…

世界最先端デジタル国家創造宣言・官民データ活用推進基本計画（令和元年6月14日 閣議決定）

第1部 世界最先端デジタル国家創造宣言

V. 社会基盤の整備

2 基盤技術等

（3）デジタル時代のセキュリティ対策

②IoT機器の脆弱性対策

……

さらに、ダミー環境に誘導したサイバー攻撃手段を分析するシステムや、IoT機器のハードウェア内のセキュリティ強化のための研究開発も併せて実施していくこととする。

方向性（案）の背景情報

- ・ **フォローアップで示された研究開発分野・
課題等の次期目標へのフィードバック**

センシング&データ取得基盤分野

※ 強調は事務局で実施

重点研究開発課題		次期目標へのフィードバック
(1) センサーネットワーク技術	① 次世代センサーネットワーク技術（環境融和型ワイヤレス）の研究開発	スマートユーティリティネットワーク技術、地域エリアネットワーク技術と、これらの連携技術は、 将来のIoT、またはこれに準ずる無線通信システムの根幹を成す技術 であることから、次期計画において、想定されるサービス要件に応じ、デジタルトランスフォーメーション技術を効果的に活用しながら、 物理層技術、MAC層技術、上位層技術の機能拡張を含む次世代IoT技術の研究開発 と、成果の社会展開を効率的に進める。
	② バッテリー不要なセンサーのネットワーク化に関する研究開発	将来のIoT、またはこれに準ずる無線通信システムの主要技術のひとつ となることから、次期計画において、想定される性能要件に応じ、 物理層技術、MAC層技術、上位層技術の機能拡張を含む次世代IoT技術の研究開発 と、成果の社会展開を効率的に進める。
(2) リモートセンシング技術	① 地上レーダ技術の研究開発	SIP（第2期）等を通じて、取得した水蒸気観測データのサービス化を民間企業と連携し実施する必要がある。 パッシブレーダ技術の研究開発および関連信号処理技術の高度化については、 周波数の有効利用や混信低減に寄与するマルチパーパス・マルチユースのレーダの実現 に向けて、次期計画に継続して実施。
	② 航空機搭載合成開口レーダ（SAR）技術の研究開発	次期計画では、 現計画の社会的要求に基づいて開発したPi-SAR X3（ハードウェア）と情報抽出技術（ソフトウェア）を用いて、SARによる地表面観測の実証を行う予定 。 地表面の高さ計測精度や移動体の速度計測範囲等のこれまでの課題を解決するために開発したPi-SAR X3を用いてその検証を実施する予定。
	③ 衛星搭載レーダ技術の研究開発	EarthCARE衛星打ち上げ後もアルゴリズム改良・検証を実施し、雲レーダによる観測精度向上を図り、降水・雲観測技術の向上に寄与する。 衛星搭載による雲・降水観測の後継ミッションの検討を引き続き行い、 将来の衛星搭載センサーの基礎開発を行う予定 。
	④ テラヘルツ帯センシング技術の研究開発	次期計画では テラヘルツセンサーの衛星搭載等の早期実現に向けた取り組み 、大気観測システムの実現のために生じる課題を解決させる高感度センサー技術、テラヘルツセンシング技術を実施する。
	⑤ 光アクティブセンシング技術の研究開発	社会課題である突風・豪雨等の高精度予測実現 に向け、 高出力パルスレーザ技術等 を活用した地上設置が可能な 次世代ライダー技術の開発と実証 が急務である。気温観測機能等を付加したマルチパラメータライダーを開発し、リモートセンシング観測融合研究を実施する。

センシング&データ取得基盤分野

※ 強調は事務局で実施

重点研究開発課題		次期目標へのフィードバック
(3) 非破壊センシング・イメージング技術	① 非破壊センシングの実用化に向けた研究開発	電磁波を用いた非破壊・非接触診断技術は社会展開・実装フェーズに入っており、個別の観測対象に合わせた試験装置の開発等を進める必要がある。
(4) 宇宙環境計測技術	① 電離圏観測・シミュレーションに関する研究開発	次期計画に向け、国際連携を中心とした電離圏観測網の拡大と、 AIおよびデータ同化手法を用いた電離圏予測システムの本格稼働 を進める。 衛星からの電離圏観測技術について検討を始める。
	② 磁気圏観測・シミュレーションに関する研究開発	次期計画においては、JAXA等衛星運用者と連携し実運用に向けた検証を進めることを想定する。 AIおよびデータ同化手法を用いた磁気圏モデルのリアルタイム運用を本格化 させる。 衛星利用による磁気圏観測の検討を進める。
	③ 太陽・太陽風観測・シミュレーションに関する研究開発	太陽フレア発生確率予測モデルで培った AI技術を今後宇宙天気予報の他の領域（CME発生予測、電離圏擾乱予測等）に応用 し、より広い範囲での活用を進めていく。 電離圏モデルで進めているデータ同化の手法を太陽・太陽風モデルに応用する検討を行う。 人工衛星を用いた太陽・太陽風の観測手法について検討を進める。
(5) センサー・ソーシャルデータ取得・解析技術	① ソーシャルICT情報利活用基盤に関する研究開発	今後の5G/6Gの進展を見据え 、従来の中央集中型のビッグデータ+AIだけでなく、地域やユーザごとに取得・収集される多様なIoTデータを用いて その場の状況にAIモデルを最適化 させることで、環境被害対策やモビリティ、ヘルスケアなどのスマートサービスの展開や持続可能性を高める 非集中型のスマートデータ利活用技術の開発 を行う。

統合ICT基盤分野（コア系）

※ 強調は事務局で実施

重点研究開発課題		次期目標へのフィードバック
(1) 最先端ICTネットワーク基盤技術	① 新たなIoT時代に対応した最先端ICTネットワーク基盤技術の研究開発	次期研究として「 知性を持ち持続的発展を可能とするネットワーク基盤技術 」を推進する。ここでは、ネットワークシステム・アプリケーションの多様性に適したネットワーク制御の完全自動化を目指し、 サービス毎に適切な機械学習・AI機能を選択 し、相互連携するネットワーク自動制御管理技術の研究開発を行う。想定する社会実装として、産学官連携や標準化の推進、テストベッド展開などを行う。
	② データセントリックなネットワーク技術等の研究開発	次期研究として「 トラスタブルネットワークコンピューティング技術研究 」を推進する。ここで通信における情報の完全性、情報の信頼性、情報の安全性を担保しながら情報提供を可能とするネットワーク内コンピューティング技術の研究開発を行う。社会実装として、オープンソースなどを活用した産学官連携や国際連携、標準化の推進などを行う。
(2) フォトニックネットワークシステム技術	① フォトニックネットワークシステム基盤技術に関する研究開発	標準外径の 空間多重ファイバ に関する成果については、フィールド実証や委託研究等を通じて発展させ、 早期実用化を図る 。次期計画においては、持続的に増大する通信トラフィックの収容を可能にするために、 超多量の空間・波長資源を用いたマッシュブチャンネル光ネットワーク技術の研究開発 や超高速光信号に対応させるために 光領域信号処理技術の研究開発 を実施する。
	② 光統合ネットワーク実現に向けた研究開発	再構成可能通信処理モジュール に関する成果については、委託研究の受託機関の製品への 展開を図る 。次期計画においては、成果を活用して、通信資源の更なる有効利用を目指して、 光ハードウェアシステムのオープン化・プログラマブル化や光ネットワーク知性化のための基盤技術の研究開発 を実施し、光ネットワークの究極的な柔軟性を追求する。
(3) 衛星通信技術	① グローバル光衛星通信ネットワーク基盤技術の研究開発	光衛星通信技術については、搭載機器開発に注力して実施。次の5力年間では、 次期技術試験衛星や小型衛星との光通信実験を実施 し、世界最速クラスの10Gbpsの光衛星通信の検証や、光衛星通信に適用可能な補償光学技術の実証、サイトダイバーシティの実用化に向けた光地上局の切り替え試験等を進めていく。 超小型キューブサットを用いた光通信の宇宙実証や衛星コンステレーションを用いた衛星プロジェクト計画の台頭など激変する環境を踏まえ、 超小型衛星に適用可能な大容量光通信やデジタルペイロード通信技術 を次の5力年では推進する。
	② 宇宙・海洋ブロードバンド衛星通信ネットワーク基盤技術の研究開発	次の5力年では 次期技術試験衛星での衛星フレキシブルネットワークの実証実験の成果向上 のために着実に開発を進めていく。 今期では、衛星通信分野の激変する環境を踏まえ衛星通信と5G技術の連携のための検討会を立ち上げ、今後の宇宙から地上までが多層的に接続されるネットワークを議論。次の5力年では Beyond 5G/6G時代のネットワークを課題とすべき 。

統合ICT基盤分野（コア系）

※ 強調は事務局で実施

重点研究開発課題		次期目標へのフィードバック
(4) 極限環境通信技術	① 極限環境における通信技術の研究開発	海中・体内外：電波伝搬モデル及びシミュレータの成果を活かし、 産業 （海中：プラント開発やインフラ点検等、体内外：医療機器メーカー等）ニーズに合わせた システム設計を行い、技術の社会実装と、将来の無線エリア拡張技術検討 を併せて進める。 深宇宙：月周回プラットフォーム等との光通信を念頭に、地球周回の小型光通信衛星や静止軌道上のETS-9を用いた光地上局用SSPD受信機の実証試験を予定。 1Kピクセル規模までのSSPDアレイ技術開発 を行う。

統合ICT基盤分野（アクセス系）

重点研究開発課題		次期目標へのフィードバック
(1) 5G/Beyond5G に向けたモバイルネットワーク技術	① 無線通信の大幅な大容量化・高速化を実現するための研究開発	5Gの商用サービス開始及び普及・展開に向けて成果の社会展開を進めるとともに、更なる移動通信の高度化のため、 より大容量・高速な通信を実現する技術の研究開発 を進める。
	② 協調統合型ワイヤレスの研究開発	全二重アクセス制御技術の検討、ITS適用検討に関するものについて、次期計画において、 将来の地上系無線システムに資する高度アクセス技術、統合型モビリティ技術への拡張検討 と、成果の社会展開を進める。
	③ 高信頼ワイヤレス伝送技術の研究開発	無人航空機群制御通信技術、過酷環境ロボット制御通信技術に関する研究開発成果について、次期計画において、 将来の地上系無線システムに資する統合型モビリティ技術への拡張検討 と、成果の社会展開を進める。
	④ 高度同期型分散ネットワーク技術の研究開発	次期計画において、 将来の地上系無線システムに資する次世代IoT技術、及び、統合型モビリティ技術への拡張検討 と、成果の社会展開を進める。
	⑤ 光モバイルアクセス及び光コア融合ネットワーク技術の研究開発	次期計画においては、大容量化と合わせて、 アプリケーションに要求されるレイテンシやジッター要件を考慮したエッジクラウドデータセンターを含む光アクセスネットワーク技術の開発 に取り組む。

※ 強調は事務局で実施

統合ICT基盤分野（アクセス系）

重点研究開発課題		次期目標へのフィードバック
<p>(1) 5G/Beyond5G に向けたモバイルネットワーク技術</p>	<p>⑥ アクセス系に係る光基盤技術の研究開発</p>	<p>ヘテロジニアス実装技術やパラレル送受信技術を更に発展させたマッシブ光高周波集積ハードウェア技術の研究開発を推進するとともに、送受信用や計測用デバイス技術として産官連携による技術移転および共同研究を引き続き継続することで社会展開を目指す。開発に成功した100GHz帯光ファイバ無線による光/無線シームレス大容量伝送システム技術を基に、空間電磁場を制御する同期技術や、光やミリ波、テラヘルツ波等のオールバンドな伝送メディアを調和的に選択・変換し、アナログ・デジタル信号処理を融合させた中短距離情報通信基盤技術の研究開発を推進する。</p> <p>リニアセル方式や光・電気・光（OEO）/電気・光・電気（EOE）変換技術等のコンセプト提案や基盤技術を産官連携により技術移転・共同研究を進め、フィールド実証や国内外標準化活動等を重ねることで、社会展開活動を継続する。</p>

※ 強調は事務局で実施

データ利活用基盤分野

重点研究開発課題	次期目標へのフィードバック
(1) 音声翻訳・対話システムの高度化	① 音声翻訳・対話システムの多言語化、多分野化、高精度化の実現 本研究開発により実現した 逐次翻訳技術 を、 同時通訳技術に発展させる とともに、さらなる 対応言語の拡大や精度向上のための研究開発 を実施する。
	② 現場音声認識の精度向上及びクロスリンガル音声対話の実現 シーン認識技術等の マルチモーダル技術 を織り込み 通訳する技術 、 誤翻訳を防ぐため複数話者の音声や背景音などの音源を分離する技術 、 動的にトピックを認識して追従し通訳する技術に関する研究開発 を実施する。
	③ 長文音声翻訳に対応した自動翻訳技術の実現 漸次処理技術は、様々な尺度を踏まえた最適な分割点の検出や1文を越えた情報と漸次処理の融合が課題。今後、 入力された発話から訳出される意味的まとまりを検出する技術 、 検出された意味的まとまりを参照し、要約と翻訳を統合して最適化する技術等の研究開発 を実施する。
	④ 文脈を用いた自動翻訳技術の研究開発 同時通訳を実現するために必要な 文脈理解 、 語彙統一 、 省略補完の技術 を確立するための 研究開発 、 コーパスの整備及び評価方式の確立 を実施する。
(2) 社会知解析技術	① 社会知解析技術の研究開発 今後は、高齢者等のユーザにより深く「よりそう」ため、ユーザに関する深い知識に基づいたより高度かつ柔軟な対話戦略や仮説推論に基づく ストーリーテリングの機能等 を導入することを検討。 適用領域の増加も検討
	② ソーシャルICT情報利活用基盤に関する研究開発【再掲】 今後の5G/6Gの進展を見据え 、従来の中央集中型のビッグデータ+AIだけでなく、地域やユーザごとに取得・収集される多様なIoTデータを用いて その場の状況にAIモデルを最適化 させることで、環境被害対策やモビリティ、ヘルスケアなどのスマートサービスの横展開や持続可能性を高める 非集中型のスマートデータ利活用技術の開発 を行う。【再掲】
(5) 超臨場感映像技術	① 空間情報伝送再現システムに関する研究開発 ホログラムのデジタルプリント技術について、デジタルホログラムに代表される デジタル光学基盤技術を開発し 、 プリント技術を用いた先端光学素子の作成技術の実現 を目指す。プロジェクション用スクリーン技術について、上記先端光学素子技術を応用したスクリーンを用いた高画質なディスプレイ技術の実現を目指す。

※ 強調は事務局で実施

情報セキュリティ分野

重点研究開発課題	次期目標へのフィードバック
(1) サイバーセキュリティ技術 ① 未来型サイバーセキュリティ技術の研究開発	開発した技術の技術移転、社会実装を進めるとともに、ユーザーからのフィードバックも活用し、 システム高度化、安定性向上、ユーザビリティ向上 を進める。 開発されたシステムでサイバー攻撃対象がIoT機器などコンピュータ以外の機器に拡大している様子も観測され、この状況に対応するため、 5Gセキュリティ検証技術 、IoTや通信機器等のコネクテッドデバイスセキュリティ検証技術、次世代クラウドセキュリティ技術等の 新たなネットワーク環境におけるセキュリティ技術を確立する必要がある 。
② セキュリティ知識ベースを用いた自動対策技術に係る研究開発	開発した技術の技術移転、社会実装を進めるとともに、ユーザーからのフィードバックも活用し、 システム高度化、安定性向上、ユーザビリティ向上 を進める。 5G等の新しいネットワークサービス で顕在化する新たなサイバー攻撃に対応するため、観測技術の高度化、サイバーセキュリティ関連データの大規模な集約、機械学習等を用いた 自動分析・自動対策技術の高度化並びに可視化技術の高度化 を行う。
③ 暗号技術を活用した情報セキュリティ技術の研究開発	暗号技術の安全性評価技術の高度化、耐量子計算機暗号などの新たな技術への移行など、量子計算機時代に安全に利用できる暗号技術の確立が急務。 流通・蓄積されるデータのセキュリティやプライバシーを確保し、安全なデータ流通と利活用を促進するための プライバシー保護技術・機能性暗号技術の高度化と実装 が必要。
④ IoT社会に対応したセキュリティ技術の研究開発	2020年度までに確立する 高効率広域ネットワークスキャン技術 を、NOTICEの取組み等に活用し 社会展開を進める 。 IoTマルウェアが高度化しており、その被害も拡大を続けている。そのため、脆弱性の調査・利用者への注意喚起に加えて、 マルウェアに感染したIoT機器に対して遠隔から無害化し、被害の拡大を防ぐ技術の開発が必要 。

耐災害ICT基盤分野

※ 強調は事務局で実施

重点研究開発課題		次期目標へのフィードバック
(1) 耐災害・被害軽減に関連するICT基盤技術	① 災害に強い光ネットワーク技術の研究開発	今期に得られた成果を活用し、通信資源の更なる有効利用を目指して、 光ハードウェアシステムのオープン化・プログラマブル化や光ネットワーク知性化のための基盤技術の研究開発 を実施し、光ネットワークの究極的な柔軟性を追求する。 光ファイバ網を基盤とする広域トランスポートネットワークに影響をもたらす事象を検知する テレメトリ機能の強化・拡張と性能劣化の早期検知、及び自動制御によるパフォーマンス低下の防止技術の研究開発 を行う。
	② しなやかなワイヤレスネットワーク技術の研究開発	今後は開発技術等を活用し、 自治体防災システムとして使えるローカルクラウドに発展させる 。 次期計画でも引き続き、大規模災害を含む非常時においてもサービスを提供し続けうる高可用性ネットワークを実現するため、 サービス基盤機能を弾力的に維持できるネットワーク技術に関する研究開発 に取り組む。
	③ リアルタイム社会知解析技術の研究開発	今後は、これを発展させ 情報収集・配信にAIを活用する技術を確立 し、防災・減災に貢献することを目指す。そのため次の5年では、より網羅的に収集できるようになった情報を自治体等の職員が活用する場合に、迅速で妥当な意志決定を支援するため、 利用者とその状況に応じた形で社会知を解析し提供する技術 を研究開発する。

※ 強調は事務局で実施

フロンティア研究分野

重点研究開発課題		次期目標へのフィードバック
(1) 量子ICT	① 量子光ネットワーク技術の研究開発	海外の当該技術開発への大規模投資や、官民における量子技術全般への急激な注目度の高まりを踏まえ、 関連技術の早期実用化を目指した新たな課題に着手する必要がある 。 QKDと秘密分散を用いたストレージネットワーク（量子セキュアクラウド技術） は、日本が世界に先駆けて原理実証に成功した独自技術であり、次期計画でも 高度化を進めると共に実用化に向けた認証等の周辺技術開発の取り組みを急ぐ必要がある 。
	② 量子ノード技術の研究開発	可搬型イオントラップ周波数標準技術の開発成果を足がかりとして、次期計画ではさらなる小型化による 6G世代の超高精度タイミング同期への応用 や、 量子インターネット基盤技術への応用 などへの研究開発に本格的に着手する。 今期、世界に先駆けて試作に成功した 窒化二オブ製新型超伝導量子ビット は、現在主流のアルミニウム量子ビットに取って代わる可能性を有する。 設計の最適化や性能向上を目指した研究開発を推進する 。
(2) ナノICT	① ナノコンポジット材料・素子技術の研究開発	ハイブリッド変調器は、 ハイブリッドプロセス技術の企業への技術移転 など実用化に向けて取り組む。 ハイブリッドやアレイ化、転写、接合などのプロセス技術を基盤に、 3Dセンシング技術やTHz光ファイバー無線技術などの新規応用展開 に向けて取り組む。 材料やプロセスなどの基盤技術は、 応用の多岐化に応じた最適化と素子の高機能化や大規模化 に向けて取り組む。
	② 超伝導単一光子検出器(SSPD)、超伝導省電力ロジックデバイスの研究開発	シングルピクセルSSPDについては、可視から近赤外域で高検出感度を実現、技術移転も完了見込みで、次期計画では 検出波長域を中赤外にまで拡張 すると同時に、 大規模SSPDアレイによる単一光子イメージングの実現 を目指す。 SSPDについては 32x32ピクセルSSPDイメージングアレイの実現 を目標に開発を進め、技術移転を目指す。新たな課題として 窒化物超伝導量子ビット に取り組み、アルミ量子ビットのコヒーレンスを凌駕する素子の実現を目指す。

※ 強調は事務局で実施

フロンティア研究分野

重点研究開発課題		次期目標へのフィードバック
(3) バイオICT	① バイオ情報素子構成技術の研究開発	現行の目標において、分子・細胞等の生体材料を部品として新たな機能を備えた人工の生体素子を構成する技術の有効性が確認されつつある。次期目標においてはこの技術をさらに高度に発展させるとともに、適用可能な対象を評価・検証するための研究開発を行い、 生体の化学感覚や生物活性物質の影響等を評価する技術の構築 を行うことを目標とする。
	② バイオ情報抽出技術の研究開発	現行の目標において、 バイオマテリアルを用いた化学情報識別技術の有効性が確認されつつある 。次期目標においてはこの技術をさらに高度に発展させるとともに、適用可能な対象を評価・検証するための研究開発を行い、 生体の化学感覚や生物活性物質の影響等を評価する技術の構築 を行うことを目標とする。
	③ バイオシグナル収集技術の研究開発	現行の目標において、細胞や細胞のネットワークが発生するシグナルを収集するための基盤的な技術が構築されつつある。次期目標においては、 生体材料の動態を多次元で高解像度かつ生体への侵襲を大きく抑えた信号収集技術へと発展させるとともに、これらの手法を活用することで、分子・細胞・細胞ネットワーク等の様々な階層に潜む生物特有の情報処理/制御プロセスの解析と評価を行うことを目標とする 。
(4) 脳情報通信技術	① 高次脳機能型情報処理システムの研究開発	人間の認知・情動・感覚・意思決定・運動等に関する多角的な脳活動データを取得し、 脳内情報処理機構のモデル化を推進 する。 MRI計測に時間的経済的負担がかかるため、脳内情報処理モデルを活用し、 MRI計測なしでもデコーディングできる技術を2024年頃までに確立し、応用展開を加速 する。また、このモデルを活用し、 脳に学ぶAI技術としての技術開発 も目指す。 応用展開においては、企業等との連携を強化し、研究開発成果の社会への実装を進める。
	② 脳計測技術の研究開発	高解像度の 7T-MRI計測技術開発を一層進めるとともに 、3T-fMRI計測の高度化を図り、詳細な脳機能モデル構築に活かす。さらには、 新しい計測技術の開発 に加えて、脳データの公開に資するデータ取得・管理体制の高度化に取り組む。 MRIと脳波計測などの組合せのマルチモーダルな計測技術を高度化し、 脳機能計測から得られる情報の拡大とその応用技術開発を目指す 。特に、複数の脳波計測技術を開発し、人間集団の脳活動計測・解析を実現する。
	③ 脳情報統合分析技術の研究開発	人工脳モデルの構築を目指し、さらに大規模な多機能脳活動計測に取り組み、 能動的な脳情報処理機構を解明 する。大規模かつマルチモーダルな計測データを基に、脳情報処理のモデル化を進め、精緻で汎用的な予測を可能にする。モデルに基づく脳機能の客観的評価技術を開発し、 人間の機能の発達、再建、拡張を支援する技術の研究開発 を行う。 データ公開を継続的に進め、その量的拡大を実現し、オープンサイエンスの発展に貢献するとともに、 協同的にデータベースを利活用するシステムを構築 する。また、オープンイノベーションに資する 研究開発拠点機能を強化 する。

※ 強調は事務局で実施

フロンティア研究分野

重点研究開発課題		次期目標へのフィードバック
(5) 高周波・THz技術	① 超高周波無線通信基盤技術の研究開発	<p>ミリ波・テラヘルツ波無線の応用展開のために必要な基盤技術を高度化するとともに、ミリ波・テラヘルツ波無線通信・センシングシステムへの利活用に向けての研究開発を行う。とくに、Beyond 5G/6Gでは、5Gより更に高周波、広帯域の無線が利用される可能性が高く、ミリ波・テラヘルツ波の無線技術に重点的に取り組む必要がある。</p> <p>4K/8K等の大容量映像を低遅延で無線伝送する応用について、医療分野、エンタテインメント分野等で期待や利活用が広がっていくと予想され、ミリ波・テラヘルツ波を用いた従来にない広帯域の無線伝送技術をそれらへ展開していく。</p>
	② 超高周波光源技術の研究開発	<p>光周波数コム光源をコア技術とする信号処理/計測システムを目指し、さらなる性能向上に向けた研究開発に取り組む。</p> <p>今中長期計画における目標は達成したが、Beyond5G/6Gに向けた展開を目指すにあたり、周波数コム光源に機能を集積するなどして、より高度な制御ができるようにすることにより、今後の高速通信や高精度計測基盤技術への展開を図る。</p> <p>Beyond5G/6Gへの基盤技術として、大容量高速通信やそれを高精度に計測する技術の実現に繋がる高周波用信号源の高度化・高安定化に関する研究開発を行う必要がある。</p>
	③ テラヘルツ帯における無線通信・計測技術等の研究開発	<p>次の10年に到来するであろうBeyond5G/6Gを見据え、テラヘルツ技術の社会実装に向けたテラヘルツ無線テストベッド基盤技術の高度化やそれに伴う計測システム基盤技術の精密化をさらに推し進める。</p> <p>Beyond5G/6Gの開発に資する高周波帯のテストベッド基盤技術の開発や計測システム基盤技術の開発を推進し、さらに未利用周波数帯における無線通信技術や能動計測技術の実用化に伴う標準化に資する活動を進める必要がある。</p>

※ 強調は事務局で実施

フロンティア研究分野

重点研究開発課題	次期目標へのフィードバック	
(6) 電磁波計測基盤技術（時空標準技術）	① 標準時及び周波数標準の安定的な発生・供給のための技術開発	光時計による「秒の再定義」が最も早い場合2026年に予定されているため、NICT小金井局にて生成する時系において(6)-②（超高精度周波数標準の実現に関する技術開発）で開発している 光時計を参照とする新システムの設計・試験を開始する 。
	② 超高精度周波数標準の実現に関する技術開発	遠距離周波数比較及び異なる時計遷移周波数の比率測定は秒の再定義や国際原子時の生成・高度化のために極めて重要であることが世界の共通認識であり、引き続き注力する。光周波数標準器のハードウェア技術について「秒の再定義」を見据えて(6)-①（標準時及び周波数標準の技術）等での実運用検証を進める。また開発してきた光標準技術の商用化に協力し、それらを校正できるより高い性能を持つ光周波数標準の方式を検討する。
	③ 周波数標準の新たな利活用領域拡大に資する技術開発	IoTやエッジコンピューティングの可用性・高精度性を高める基盤ハードウェア技術となりうる 近距離無線双方向技術、チップ化原子時計技術の研究開発を加速する 。
(7) 電磁波計測基盤技術（電磁環境技術）	① 先端EMC計測技術の研究開発	次期に向けて、 5G/IoT社会 における高度に複雑化された無線環境における電磁的両立性（EMC）を確立するために、 電気電子機器と通信機器が混在した状況下における電磁干渉評価技術の研究開発 が必要である。次期に向けて、センサーネットやミリ波利用レーダー等の導入・普及拡大を見据えて、 パルス精密計測等の高分解能計測技術や、較正技術を開発する必要がある 。
	② 生体EMC技術の研究開発	「電波ばく露評価技術の研究開発・標準化」については、次の5年に向けて、次世代無線システム等で想定される、端末からより多くの周波数帯の電波が同時に発射される複合的なばく露をより正確に評価する技術の開発を検討する。次期計画に向け、 5Gシステム を始め、これまでよりも高い周波数帯で、より多くの端末や基地局等から電波が発射される状態を評価するため、2019年度より電波ばく露レベルのモニタリングデータの取得・蓄積を開始し、着実に活用を進めていく。
(8) 新規ICTデバイス技術	① 酸化物、窒化物半導体電子デバイスに関する研究開発	酸化ガリウムパワーデバイス開発に関しては、 需要が最も大きく見込まれる縦型トランジスタ開発に注力する 。また、無線通信、極限環境応用を目指した 酸化ガリウム高周波トランジスタ開発 も並行して進めていく。
	② 深紫外光ICTデバイスに関する研究開発	今期に実証した成果を足がかりとして、深紫外小型固体光源の更なる高性能化、高機能化、高信頼化に向けた 新規深紫外ナノ光デバイス構造技術やパッケージ構造技術に関する研究開発 を行う。さらに、本技術を基盤とし、見通し外(NLOS)光通信や高感度センシングシステム等、深紫外光を活用した 新たな光ICT応用に向けたデバイス基盤技術の研究開発 を行う。

分野横断的課題

世界最先端ICTテストベッド

※ 強調は事務局で実施

重点研究開発課題

次期目標へのフィードバック

(1) 世界最先端
ICTテストベッド

① 世界最先端の次世代ICT
テストベッド等の構築・展
開

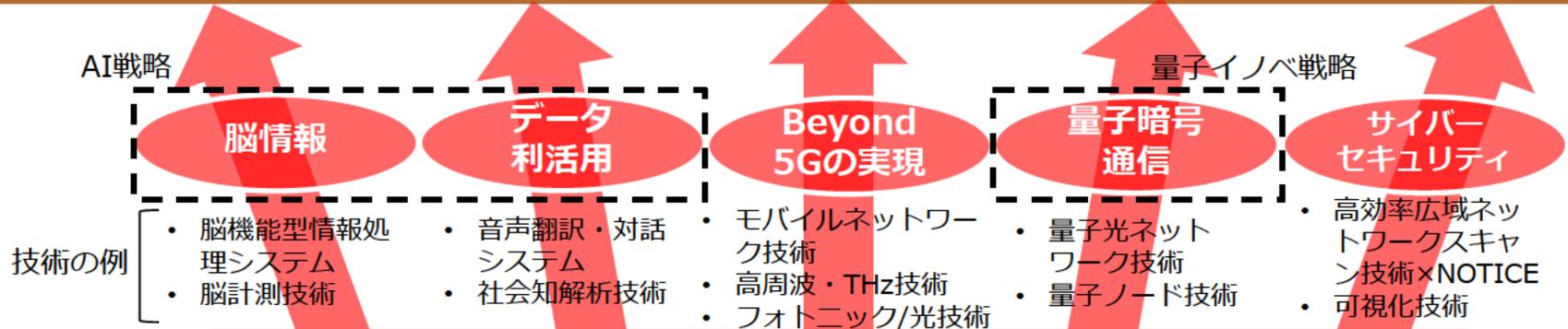
これまでの取り組みや最新の技術動向及び社会ニーズを踏まえ、**AI/Beyond 5G/量子時代における世界最先端ICT研究開発プラットフォーム**としてのテストベッドを整備・運用していく。先進的な研究開発と実証実験を一体的に行う産学官（ネットワークキャリア、ベンダー、研究機関等）の力を結集する拠点を目指す。

方向性（案）の考察

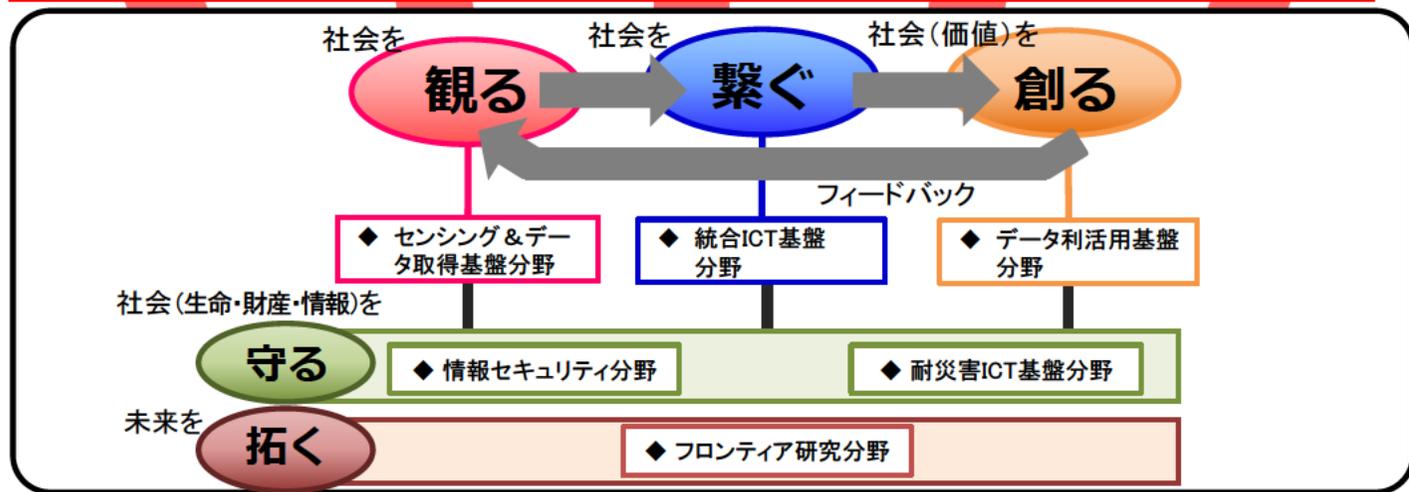
新たな情報通信技術戦略に関する重点研究開発分野・課題の方向性(案)

- 過去5年間の情報通信技術戦略において示された「(社会を)『観る』『繋ぐ』『創る』『守る』『拓く』」の分類はICT分野に関する研究領域をほぼ網羅的に分類しているものであり、改めて変更する必要までではないのではないか。
- 国の研究開発戦略(統合イノベーション戦略等、次期科学技術基本計画)の策定・検討状況を見ながら、**進展が著しい技術**(Beyond 5G、AI、脳情報、量子暗号、サイバーセキュリティ)を**戦略的研究分野**として設定し、強化を図るとすれば、これらの分野が妥当なのか。

2025年を目途に解決すべき社会課題(地方のモビリティの確保、安全・安心の実現……等等)へアプローチ



戦略的に進めるべき研究分野(案)

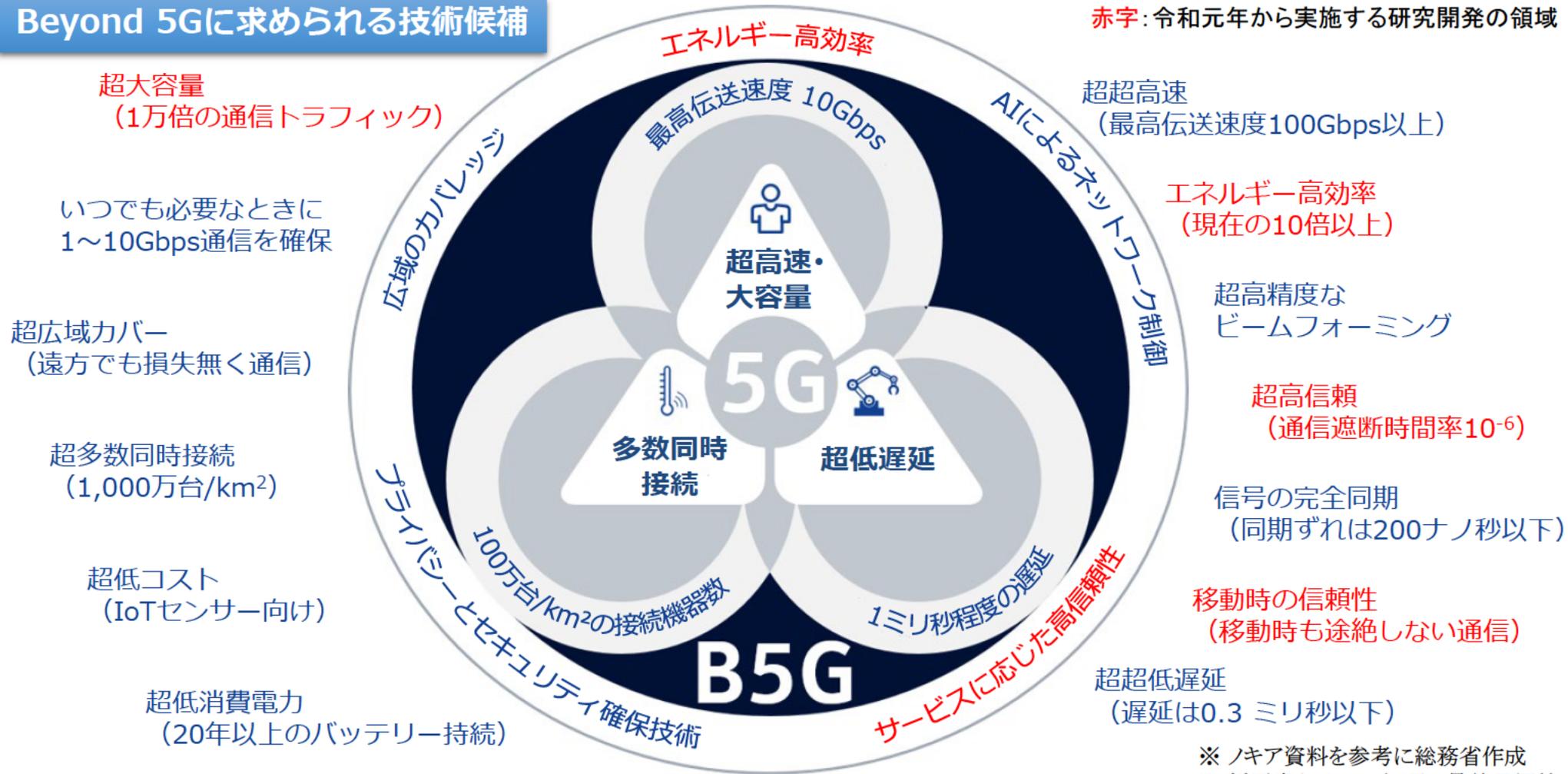


Beyond 5Gに求められる技術

- Beyond 5Gでは、5Gの特長（超高速、超低遅延、多数同時接続）の更なる高度化に加え、高信頼化やエネルギー効率の向上など新たな技術革新が期待される。
- AIやクラウドコンピューティングを利用した信号処理についても、今後無線部分と一体となった技術開発が進められる見通し。

Beyond 5Gに求められる技術候補

赤字: 令和元年から実施する研究開発の領域



※ ノキア資料を参考に総務省作成
 ※ 括弧書きは2030年頃の最終目標値