

「Beyond 5G 機能実現型プログラム」研究開発課題候補リストに記載された技術に係る開発対象と開発する技術等の候補例（案）

技術分野	研究開発課題候補	開発対象	開発する技術等の候補例
超高速・大容量化を実現する技術 (次世代光ファイバ、テラヘルツ波等)	・次世代モバイルエッジコンピューティング基盤技術	(a1) B5G 大容量無線通信を支える次世代エッジクラウドコンピューティング基盤の研究開発	<ul style="list-style-type: none"> ・次世代エッジクラウドコンピューティング・インフラを実現するため、データセンターにおけるマルチコアファイバ等を活用した大容量・低遅延の情報処理基盤に適用可能な革新的な 400Gbps 級超小型光トランシーバ及び小型スイッチ装置等の技術を確立する研究開発 ・多種多様な Beyond 5G(B5G)/6G サービスを高速・高効率に処理可能な革新的エッジコンピューティング（マイクロデータセンタ）情報処理基盤技術の研究開発 など
	・次世代光ファイバ伝送技術	(a2) 次世代光ファイバ伝送技術	B5G/6G 本格稼働時に流通する莫大なトラフィック量を収容しつつ、電波の有効利用を促進するため、2030 年代以降のオール光ネットワークの実現に向けて、標準外径の空間多重光ファイバ（マルチコア/マルチモードファイバ）を用いたファイバあたり空間多重数 4 以上、かつ長距離（伝送距離 3000km 以上）の大容量光伝送システムの構築に向けた基盤技術の研究開発。開発する技術等は以下のとおり。 <ul style="list-style-type: none"> ・空間チャンネル間クロストークを原因とする伝送距離制限を緩和するための空間モード制御を可能とする空間多重光ファイバ/ケーブル実装技術の研究開発 ・伝送距離の長延化を実現するための空間多重光ファイバ/ケーブルの動的特性に適合した信号補償処理技術の研究開発 ・空間多重光ファイバ/ケーブルに整合した光増幅中継技術の研究開発 など
	・光ネットワークの大容量化技術	(a3) 光ネットワークの大容量化技術	B5G/6G 本格稼働時に流通する莫大なトラフィック量を収容しつつ、電波の有効利用を促進するため、2030 年代以降のオール光ネットワークの実現に向けて、空間/波長チャンネルを活用したリンク容量 1Pbps 級、かつ 1 ビット当たりの転送コストの大幅低減（現行比 50%以下）を図る大容量光ネットワークシステムの構築に向けた基盤技術の研究開発。開発する技術等は以下のとおり。 <ul style="list-style-type: none"> ・転送コストの削減、転送距離の長延化を実現するための空間チャンネル・波長チャンネルを最適配置した光ネットワーク・光ノード設計技術及び監視制御技術の研究開発 ・低損失、大規模、コンパクトな光ノードを実現するための空間光スイッチ技術、ノード内高密度配線・接続技術及び高効率光増幅技術の研究開発 など
	・アナログ/デジタル協調技術	(a4) アナログ/デジタル協調技術	<ul style="list-style-type: none"> ・Beyond5G で想定される 100Gbps 超の大容量無線通信を実現するとともに、アクセスファイバ敷設における量的制約・地理的制約の生じるエリアにおいて、ネットワーク構築の低コスト化、高効率化及び柔軟性の向上を目指した次世代光ファイバ無線伝送技術の研究開発 ・光/テラヘルツ無線及び光ファイバ無線伝送技術に基づき、空間分割多重接続に必要なミリ秒以下の超低遅延信号処理を実現しつつ、多様なサービス要件に対応した RAN(Radio Access Network) システムを高効率に収容可能とする Beyond5G/6G 向け次世代 RAN 構成技術の研究開発 ・大容量光ファイバ信号と無線信号等を高効率・高品質で伝送するための 10bit/symbol 超級のアナログ・デジタル調和型の高多値非線形伝送制御基盤技術の研究開発 ・光メトロアクセスネットワークにて異種 RAN サービス(大容量・低遅延・高秘匿等)を高効率収容するとともに、ハードウェアリソース低減・省空間化を図ることを目指した DSP に収容する光運用波長数（現行=1）を 10 倍可変とする仮想光チャンネル技術、異種サービスを非同期収容するための高度符号・パラレル DSP コア技術、ポスト Tbps 級の高度回路設計検証基盤技術の研究開発

			<p>など</p> <ul style="list-style-type: none"> ・およそ 220GHz 以上の周波数帯を用いた高速大容量通信において、屋外のビル間通信などの長距離伝送や屋内のオムニアンテナでの伝送を可能にするため、数百 mW 級の送信電力を持ち、かつセルサイズの極小化に伴うセル数の増大を踏まえ省スペースを考慮した増幅器の実現に向けた研究開発 ・およそ 220GHz 以上の周波数帯で、実用的なモバイル通信システムで必須となる複数素子アンテナを用いた無線伝送技術を実現するため、アレイアンテナの開発、複数素子への信号分配技術の開発、MIMO 等の複数素子アンテナを用いた高効率伝送技術の研究開発 ・およそ 220GHz 以上の周波数帯における送受信機の内部での反射防止やアンテナ開発、電波伝搬測定等での活用を目指した電波吸収体や反射体の研究開発。およそ 220GHz 以上の周波数帯に適用するプリント基板等に用いる特性の優れた誘電体材料やそれらの材料定数を評価する技術の研究開発 ・およそ 220GHz 以上の周波数帯における高速大容量通信において、高い指向性の利活用やスペクトル効率の向上に資するため、優れた周波数安定度（例えば時定数 1 秒で 10^{-14} 程度）を有し、当該周波数範囲において連続的周波数可変性を実現する高精度信号源の研究開発 <p>など</p> <p>(a5) テラヘルツ波デバイス技術</p> <p>非地上ネットワーク（NTN（Non-Terrestrial Network））への地上移動体通信システムの拡張を目指し、テラヘルツ帯増幅器一体型アレイアンテナ技術を中心とした、地上～NTN プラットホーム間のテラヘルツ波リンク基盤等の研究開発。開発する技術等は以下のとおり。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・およそ 220GHz 以上の周波数帯で動作する増幅器とアレイアンテナの一体型モジュール、具体的には、増幅器とアンテナを 3 次元で集積化しグレーティング・ローブのような不要放射を抑制可能なアンテナ間隔となるように複数配置する。また、マルチユーザーに対する無線通信が確保できるよう、増幅器には高出力な化合物半導体を用い、十分な実効電波強度を確保し、適切なビーム方向制御（例えば角度 $\pm 30^\circ$）を実現するモジュールを実現する研究開発 ・非地上ネットワーク（NTN）への適応を目指し、大気減衰の少ない航空宇宙領域でのテラヘルツ無線の活用を図るため、NTN プラットホーム等への搭載を目指した小型軽量の送受信機の要素技術として、耐気象変動に有効なテラヘルツ波による長距離フィーダーリンクに用いるテラヘルツ帯送受信機技術とテラヘルツ帯送受信システム技術の研究開発、機内高速通信に用いるテラヘルツ帯送受信機技術とテラヘルツ帯送受信システム技術の研究開発 <p>など</p> <p>(a6) 高周波帯を用いた高速大容量通信を実現する無線フロントエンド技術</p> <p>テラヘルツ帯を活用した仮想化端末技術^(※)や信号処理技術、及び大規模無線アクセス網（RAN（Radio Access Network））構築・制御技術を中心とした、5G に向けたユーザセントリックアーキテクチャ実現に関する研究開発。開発する技術等は以下のとおり。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・仮想化端末実現に向けた Radio over THz 技術^(※※)として、ユーザ端末から周辺デバイスの方向を推定し、かつ通信を確立するアンテナ、及びユーザ近傍の伝搬特性の変動に追従してビームフォーミングする技術の研究開発 ・テラヘルツ帯に適用するための信号処理技術として、RAN が送信した参照信号を基に、精度劣化の少ない伝搬路推定と位相補償を行い、それに基づく周辺デバイスと RAN との間での高精度な MIMO ビームフォーミング実現のための高周波補償技術の研究開発 ・ユーザセントリックを支える大規模 RAN 構築・制御技術として、高い周波数帯の利用、及びユーザ端末の移動や通信トラフィックの状況を考慮したアクセスポイントの配置、仮想化 RAN 基盤に基づいたリソース分配、セル境界での無線品質低下を解消するユーザ端末収容及び無線信号処理実現のための研究開発 <p>など</p> <p>(a7) Beyond 5G に向けたテラヘルツ帯を活用するユーザセントリックアーキテクチャ実現のための研究開発</p>
--	--	--	---

・テラヘルツ波関連技術
 （デバイス技術、送受信システム技術、無線伝送のためのシステム LSI 技術、小型軽量送受信機の開発）

			<p>※仮想化端末：周辺デバイスと連携して仮想的にユーザ端末の制約を超越することが出来るようにする仕組み。</p> <p>※※Radio over THz 技術：大容量伝送が可能な光ファイバを利用して無線信号を中継伝送する光ファイバ無線（Radio over/on Fiber）のアナロジーで、光ファイバの代わりにテラヘルツ無線を用いるもの。大容量伝送が可能なテラヘルツ無線を利用して（マイクロ波帯、ミリ波帯の）無線信号を中継伝送する技術。</p>
		(a8) テラヘルツ波無線伝送のための伝搬及び信号処理技術	<ul style="list-style-type: none"> ・ B5G/6G で想定される実環境における電波伝搬特性を明らかにするため、屋外環境における電波伝搬特性の計測により伝搬モデルの研究を推進するとともに、屋外基本伝搬特性の計測、降雨等の気象影響の計測、伝搬モデルの構築、計測に必要な信号源・アンテナ等の研究開発及び電波伝搬特性を踏まえて良好な伝送特性を得るためイコライジング技術等の研究開発 ・ B5G/6G で用いられるおよそ 220GHz 以上の周波数帯で良好な伝送特性を得るため、電波伝搬特性を踏まえた変復調技術、符号化技術、イコライジング技術等の研究開発 ・ B5G/6G で活用が見込まれるおよそ 220GHz 以上の周波数帯における超高速無線通信で必須となるデジタル信号処理やベースバンド信号処理を司るシステム LSI を実現可能な消費電力で動作させるため、デジタル集積回路やデジタルシグナルプロセッサの低消費電力化技術の研究開発 <p>など</p>
超低遅延を実現する技術 (時空間同期、伝送メディア変換等)	<ul style="list-style-type: none"> ・ ネットワーク内コンピューティングの迅速化技術（区間毎の遅延配分最適化等） 	(b1) ネットワーク内コンピューティングの迅速化技術（区間毎の遅延配分最適化等）	<ul style="list-style-type: none"> ・ 情報源をエッジに置けないようなライブ情報配信などのサービスに対応するため、エッジでの処理のみに頼ることなく、サービス処理配分をネットワーク全体に広げ、ネットワーク機能やデータ処理機能を最適配置することで、エンド・ツー・エンドでの低遅延化を実現するための研究開発 ・ 通信の低遅延化のみならず、ネットワークサービスにかかる処理をエンド・ツー・エンドで低遅延に提供するため、ネットワーク内の計算リソースを活用して、既存のモバイルネットワーク構成でのアプリケーションの提供に比べ、アプリケーションの低遅延化に有用な技術についてテストベッドを使用して実証する研究開発 ・ エッジサーバで発生するデータやパケットの処理遅延を極限まで削減するため、仮想化技術によりネットワーク機能を効率的にエッジ領域にオフロードし、かつ DPDK (Data Plane Development Kit)、FPGA (Field Programmable Gate Array) 等のアクセラレーション技術、及び OVS (Open vSwitch)、P4 (Programming Protocol-Independent Packet Processors) 等のネットワーク構成技術等により、エッジでの処理を高速化するネットワーク処理の低遅延化技術の研究開発 ・ 頻繁に発生するネットワーク機能の移行やソフトウェア更新に追従できるよう、ネットワーク機能と協調した柔軟性とプログラマビリティの高度化・運用性を向上するエッジ処理機能の研究開発 <p>など</p>
	<ul style="list-style-type: none"> ・ 伝送メディア（光・電波）変換技術 	(b2) 伝送メディア（光・電波）変換技術	<ul style="list-style-type: none"> ・ 動体等に対して帯域幅 50GHz 以上の波形信号以上の送受信を実現するため、キャリア周波数 100GHz 超に対応した光とミリ波/テラヘルツ波帯の相互信号変換技術、及びミリ波/テラヘルツ波電子デバイス技術を開発し、同キーデバイスによって移動体と光ファイバ通信網をシームレスに繋ぐ大容量高速光ファイバ無線トランシーバを実現し、通信速度 50Gbps/ch 級の達成を目指す研究開発 ・ ショートリーチ通信ネットワークの柔軟性向上のため、ダイバシティ等を考慮した高い見通し外耐性を有する高ロバスト・大容量（例えば、100Gbps/channel 以上）の空間光無線伝送技術、通信距離 500m 内のショートリーチ固定無線、もしくは短距離移動時無線通信において常時光無線信号が接続可能となるような光アンテナ制御技術によりトランシーバの開発を行い、通信速度 100Gbps 級の達成を目指す研究開発 ・ 光ファイバ網に接続された光ファイバ無線、空間光無線アンテナ局等へのミリ波/テラヘルツ波無線信号配信のための開発を行い、両無線技術により総伝送速度 100Gbps の達成を目指す研究開発。光ファイバによる高速光無線信号配信を行い低遅延（例えば、100 マイクロ秒以下）で配信するための研究開発。ダウンストリームに加え、アップストリームに対してキャリア無線信号を低遅延に配信する研究開発

			など
	・高精度時空間同期基盤技術 (端末間、エッジ、基地局等)	(b3) 高精度時空間同期基盤技術 (端 末間、エッジ、基地局等)	電波の有効利用を促進するための以下のような高精度時空間同期技術の研究開発 <ul style="list-style-type: none"> 無線システム構成要素間の同期頻度を劇的に減少させる高安定なクロック源として、原子時計を基地局や自動車に搭載可能なサイズまで縮小し低コストで提供する技術の研究開発 より高い周波数への移行を見据えた有無線/オールフォトリックネットワークにおいてネットワーク上の複数箇所に設置された原子時計からの時刻・周波数信号を可能な限り精度損失無く、かつデータ通信との親和性を高めた形で配信して同期を図る技術の研究開発 など
超多数同時接続を実現する技術 (アンテナ高度化等)	・移動体搭載デバイス間超高周波通信デバイス開発・プロトコル開発	(c1) 移動体搭載デバイス間超高周波通信デバイス開発・プロトコル開発	移動体搭載デバイス間の超高周波通信向けデバイス及びプロトコルを開発し、エンド・ツー・エンドでのデータ転送性能もしくは収容接続デバイス数を大幅 (10 倍以上) に改善するための研究開発。開発する技術等は以下のとおり。 <ul style="list-style-type: none"> 超高速・超短時間接続に加え、耐遅延性ネットワーク構築機能を含む超多段接続性を有する、移動体搭載デバイス間の通信に適した超高周波デバイス及び下位層プロトコル技術の研究開発 超高周波を用いる移動体搭載デバイス多段接続ネットワークにおける、エンド・ツー・エンドでのデータ転送性能もしくは収容接続デバイス数の向上を目指して、強化学習等の AI を用いてデバイスの各種状態や他デバイスとの位置関係等を自律的に予測し、無線通信プロトコルないしは上位データ転送プロトコルを最適制御するための研究開発、 移動体への搭載を想定した超高周波デバイス多段接続ネットワーク技術と強化学習等の AI を融合的に活用するモビリティサービスないしはアプリケーションに関する研究開発 など
	・ mMIMO 技術の高度化	(c2) mMIMO 技術の高度化	<ul style="list-style-type: none"> サブ 10GHz/28GHz 帯アンテナユニット (屋外装置) とデジタル信号処理装置 (屋内装置) 間の接続 (給電) について、従来に比べて低速 (3 倍以上) な市販モジュールと光ファイバで簡便・低コストに行うフルデジタル方式 mMIMO 用デジタル光ファイバ無線 (RoF) 給電技術の研究開発 光ファイバ等で、サンプリング周波数の半分の周波数であるナイキスト周波数以下の低域を遮断した 1bit 信号列から、ナイキスト周波数を超える周波数帯の無線周波数の信号再生を高品位 (ジッタ 1 ピコ秒以下、S/N 50dB 以上) で実現するデジタル信号処理技術の研究開発 アンテナ及び送受信機の超密集配列 (アンテナ間隔 5mm 以下) を実現するミリ波帯フルデジタル方式 mMIMO アンテナユニットの高周波実装・集積技術の研究開発 フルデジタル方式 mMIMO において、空間合成により高 S/N 化、低 ACLR (隣接チャネル漏洩電力比) 化 (8 素子合成時に単素子に比べて 6dB 以上の改善) を実現するデジタル信号処理技術の研究開発 など
超低消費電力を実現する技術 (光電融合、ナノハイブリッド基盤等)	・高集積・ヘテロジニアス光電子融合技術	(d1) ヘテロジニアス光電子融合技術	<ul style="list-style-type: none"> ミリ波/テラヘルツ波帯を活用した無線通信の大容量化を図るために、光集積回路基盤の高度化として誘電体/半導体等の多種類の材料系によるチップの低損失集積化技術及び、100Gbps 級/lane で高温動作や環境耐性の高い光データ生成技術の研究開発 大容量情報通信における光ファイバ通信とミリ波/テラヘルツ波無線のシームレス化のため、光信号から 100 GHz ないし 300 GHz 以上にわたる無線通信周波数帯への広帯域周波数下方変換機能ならびに当該無線通信周波数帯から中間周波数帯へ下方変換するミキサ機能を単一素子で実現し、かつ後段の信号処理系との集積化を実現するデバイス技術の研究開発 など

	<ul style="list-style-type: none"> ・ ナノハイブリッド基盤技術 	(d2) ナノハイブリッド基盤技術	<p>有機無機ハイブリッド技術を用いることで、従来技術では実現困難なレベルで高速性と低消費電力性を両立した光変調技術とその応用技術に関する研究開発。開発する技術等は以下のとおり。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ B5G/6G における通信データ伝送容量の増大に対応するため、高速大容量光トランシーバに搭載できる超高速・小型・低消費電力（変調速度 100Gbaud 以上・半波長電圧 X 長さ 0.1Vcm 以下・変調部損失 1dB 以下、無温調）の有機 E0 ポリマー/Si ハイブリッド光変調器の実用化に関する研究開発 ・ 空間多重光通信や高速光無線通信に適した垂直入出射型光変調器・受信器などの研究開発 ・ 100GHz 帯以上の B5G/6G 移動体通信システムにおける光ファイバ無線（RoF）のリモートアンテナ受信ユニットなどに搭載できる低コストで外部電源不要の無線-光信号変換デバイスの研究開発 <p>など</p>
	<ul style="list-style-type: none"> ・ 脳型 AI（脳情報通信技術） 	(d3) 脳型 AI	<ul style="list-style-type: none"> ・ 脳の情報処理メカニズムに学び、脳に匹敵する省計算資源・省エネルギー型（例えば、消費エネルギー1/100程度）の計算アルゴリズムを目指した研究開発 ・ B5G/6G における活用を実現するため、広域において B5G/6G で想定されうる無線通信環境に適用可能な、脳の仕組みに学んだ乱雑さに強い AI による制御の実装を含んだ実証的研究開発 <p>など</p>
	<ul style="list-style-type: none"> ・ 高機能低消費電力デバイス 	(d4) 高機能低消費電力デバイス	<p>スピントロニクスデバイス技術など、低消費電力性に優れ、意識的な電源操作を不要としうる可能性を持つデバイス技術を高度化し、さらなる超低消費電力性、高い機能性と海、空、宇宙での使用にも耐えうる耐環境性を持つ素子・回路技術、及び評価技術の研究開発。開発する技術等は以下のとおり。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 既存技術に対して消費電力あたりの能力、信頼性の大幅な向上を可能とするデバイス構築を実現しうる材料技術、プロセス技術、測定技術の研究開発 ・ 既存技術に対して消費電力あたりの性能や記憶容量の大幅な（例えば、100 倍相当）向上を可能とする極微細スピントロニクスメモリーデバイスの研究開発 ・ 既存技術に対して消費電力、計算性能等の大幅な（例えば、100 倍相当）向上を可能とする常温動作が可能な非古典的演算ハードウェアの実現に向けた新概念デバイスの研究開発 ・ エッジにおける最適化問題や機械学習、推定などを対象とし、既存技術に対して消費電力あたりの能力の大幅な向上を可能とし、かつ半導体回路技術との親和性に優れたデバイスの研究開発 <p>など</p>
<p>超安全・信頼性を実現する技術 (量子 ICT、セキュリティ技術等)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ 量子暗号通信（地上、衛星） 	(e1) 量子暗号通信（地上、衛星）	<p>光子技術を用いた超高秘匿ネットワーク技術及びその応用に関する研究開発と実証。開発・実証する技術等は以下のとおり。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 低遅延・低コストな量子鍵配送（QKD）ネットワーク技術の実現に向けて、軽量、小型かつ、盗聴者への漏洩情報量をきわめて小さくできる鍵蒸留処理技術、効率的な鍵管理・運用技術、低遅延暗号化技術などの研究開発 ・ 暗号鍵の情報理論的に安全な機密性を担保しつつ、完全性・可用性の高い QKD ネットワークを実現するための認証基盤技術等の研究開発 ・ QKD ネットワーク、及び QKD ネットワークを活用した量子セキュアクラウド等を実社会で活用するための応用技術の研究開発及び実証（実データの利活用等を含めたユーザとの共同検証が適当） <p>など</p>

	<p>・災害影響・予兆情報と対応したネットワーク制御技術</p>	<p>(e2) 災害影響・予兆情報と対応したネットワーク制御技術</p>	<p>災害時・緊急時等の急激な通信環境の変化に対してネットワークサービスの確保を実現するレジリエント情報通信技術を中心とした研究開発。開発する技術等は以下のとおり。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・光バック／フロントホール回線、無線アクセス回線や供給電力等の物理層までを仮想化したアクセスネットワークの実現に向け、トラフィック変動に応じたネットワークリソースの柔軟な変更を目指した、適応型 MCS (Modulation Coding Scheme) 制御技術、並びに光（波長ルーティング、光配線）及び無線（無線伝搬環境）の物理媒体の制御を実現するメディア制御技術等の研究開発 ・光・無線・電力統合アクセスネットワークを対象とし、災害時等に喪失または逼迫したネットワークリソースを外部の仮想化された車両等で構成されるアドホックネットワークリソースでセキュアに補充することにより、早期復旧によるレジリエンス強化を実現するネットワークリソース同化技術やネットワークリソース制御技術の研究開発、それらに対応する光・無線を統合する媒体無依存化通信・デバイス技術の研究開発 ・急激な通信環境の変化に対して接続性の確保を図るため、複数の仮想ネットワーク間でのネットワークリソースの効率的かつ適応的なアイソレーション・共有を行うためのリソース制御技術、及び時空間的に大きく変動するネットワーク環境に適応できるネットワーク輻輳制御技術の研究開発 ・急激な通信環境の変化によるネットワークリソースの喪失や逼迫に対し、通信機能を有する車両等が自律分散かつ協調して基地局機能を代替し、残存するネットワークに溶け込むこと等により、様々な機器により構成されたレジリエントで知的な無線ネットワークの統合制御を行うことでネットワークの早期の再構築・再構成を可能とする技術の研究開発 <p>など</p>
	<p>・エマージング技術に対応したネットワークセキュリティ技術等</p>	<p>(e3) エマージング技術に対応したダイナミックセキュアネットワーク技術</p>	<p>B5G/6G 時代のネットワークには多種多様な機器が接続され、電波資源の有効活用のためには、ネットワーク全体での高度セキュア化が必要である。光ネットワーク技術により限られた計算資源・人的資源を効率的に利活用し、セキュアネットワークの実現を目指した、交換ノード、高度プロービング及びデジタルツイン監視制御を中心とした研究開発。開発する技術等は以下のとおり。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ネットワークセキュリティの高度化のための大容量通信（1億フロー）を収容する 100Gbps 級トラフィック等の遠隔測定、機能追加、更新を実現するプログラマブルノード（ネットワークセンサ）に係るハードウェアの研究開発 ・セキュアで広域の高信頼性超低遅延通信（URLLC）実現に向けて、低遅延・低ジッタなパスを実現し、多量のトラフィックを遠隔（40km 以上の距離）から即時・リアルタイムの収集、及び高度な試験用データ挿入を可能とする高度プロービング技術の研究開発 ・無線通信等をひっ迫させるサイバー攻撃トラフィックを遮断する等の機能を実現するための、ネットワークセンサ API 及び URLLC トランスポート API の研究開発、デジタルツイン監視・In-Network Security 技術の研究開発 <p>など</p>
	<p>・超巨大・超高速データセキュリティ技術</p>	<p>(e4) 超巨大・超高速データセキュリティ技術</p>	<p>B5G/6G に必要な超巨大データ・極低遅延通信の安全性の両立を実現するデータセキュリティ技術を実現するための研究開発。開発する技術等は以下のとおり。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ペタバイト級大規模メモリのセキュリティ（秘匿性及び完全性）を高速（従来比 2 倍以上）に保証する方式とそのハードウェアアーキテクチャの研究開発 ・サブナノ秒級極低遅延・テラバイト級スループットを実現することにより周波数の効率的利用に資する暗号化処理技術とそのハードウェア実装技術の研究開発 ・周波数の高密度利用を可能とする極めて多数・多種の接続機器を想定した耐タンパー性エンドポイントセキュリティ技術の研究開発 <p>など</p>

自律性を実現する技術 (仮想化、オープン化等)	・ネットワークの自律・分散・協調型制御技術	(f1) ネットワークの自律・分散・協調型制御技術（ネットワーク資源の自律調停等）	<ul style="list-style-type: none"> 突発的な通信システムの障害や輻輳が発生しても重要な通信を継続可能にするために、限定されたエリアにおいて B5G/6G 等のキャリア通信を含むライセンスバンド通信とアンライセンスバンド通信を協調利用することで、発生した障害や輻輳を 100ms 以内に検出して通信経路の切替えや輻輳しているフローの流量制御を実施し、100Mbps 以上の高速通信を継続させながら 100ms 以下の通信遅延を維持する無線リソース最適管理技術の研究開発 無線リソース最適管理技術を既存の無線機器にアドオンして利用可能にするために、小型（例えば、100cc 以下）の装置への無線リソース最適管理技術の実装及び既存の無線機器から小型装置を利用可能にするソフトウェアの研究開発 B5G/6G 等のキャリア通信を含む無線通信経由の通信に対し、無線通信の状態や性能を考慮して上位の通信レイヤの制御を行うことで、安定した高速通信を実現し、研究開発開始時点で普及している通信制御技術に比べてスループットを 2 倍以上に向上するクロスレイヤ最適化の研究開発 <p>など</p>
	・プログラマブルフォトニックネットワーク技術	(f2) プログラマブルフォトニックネットワーク技術	<ul style="list-style-type: none"> 光ファイバ通信におけるスライシングを指向し、異なる品質のサービスが異なる速度のチャンネルを占有する時代に対応するため、異なる帯域や変調速度の信号を 1 つの光ファイバに時々刻々と多重し、高効率にネットワークを運用するプログラマブルフォトニックネットワークの実現に関する研究開発 時間・分単位のサービス提供や急激なトラフィック変動への対応など、よりシビアな要求に対応するため、適量の光資源を必要な時間だけ迅速に提供する伸縮自在な光ネットワーク運用管理技術の研究開発 マルチベンダ構成による長距離光伝送路設計の困難さや運用管理の複雑性増大等の解決を図るため、光信号品質を監視するためのテレメトリ技術や複数ベンダの光トランスポンダ混在の影響を軽減するための、光チャンネル間相互作用フリーデバイスの研究開発 柔軟かつ迅速な構成変更やコンポーネント毎のタイムリーな個別調達、機能追加を実現する光ネットワーク機器のオープン化・ディスアグリゲーション推進のため、光伝送装置間の相互接続性、装置内のハードウェア分離及び装置管理制御の一元化等、ベンダに依存しないオープンな API やオープンソースソフトウェアによる SDN の研究開発 <p>など</p>
	・ソフトウェア化／仮想化、オープン化／ディスアグリゲーション技術（機器・サービス構成の柔軟化）	(f3) ソフトウェア化／仮想化、オープン化／ディスアグリゲーション技術（機器・サービス構成の柔軟化）	<p>2030 年代の B5G/6G において鍵となる自律性・柔軟性・信頼性・超低遅延等で顕著な高度化を図るため、インフラをオープンアーキテクチャやクラウドネイティブ環境を活用して構築する B5G/6G 網構成技術の研究開発。開発する技術等は以下のとおり。</p> <ul style="list-style-type: none"> オープンアーキテクチャとクラウドネイティブ技術を活用した、柔軟で高性能かつ高信頼、複数サービススライスを提供可能なモバイル基盤ネットワーク技術の研究開発 上位サービスの要求性能を時々刻々と満たすためのエッジコンピューティングの分散環境からなる超低遅延スライスを自動構成する技術の研究開発 障害・過負荷やその予測に基づき、サービス環境の再構築を物理的に異なるノードや拠点のリソース上に行いサービスを継続する、仮想化技術を最大限に活用した広域システム自律移行技術の研究開発 ディスアグリゲーション技術による、伝送路特性と上位サービスのトラフィック変動や要求にあわせた最適・俊敏な光トランスポート網構築管理技術(光監視、サービス連動)の研究開発 <p>など</p>
拡張性を実現する技術 (衛星・HAPS 利用、AI、インクルーシブインター	・統合型モビリティ運用技術（衛星、高高度、空中、地上）	(g1) 統合型モビリティ運用技術（衛星）	<ul style="list-style-type: none"> 機動性のある中継局（もしくは基地局）として HAPS（もしくは大型ドローン）を適用し、静止/中/低軌道衛星との制御用情報交換を活用しながら、半径 50km 以上の地上エリアを対象として、機動的かつ補完的にネットワークを構築し、劣化率低減（例えば、10%以上）を実現できる制御技術の研究開発 HAPS、または静止/中/低軌道衛星システムを制御情報交換基盤として適切に選択しながら活用し、往復レイ

<p>ス等)</p>		<p>テンシー (RTT: Round Trip Time) で最小 1ms 程度の遅延による制御信号の送受信により、地球規模で偏在する各地上ネットワーク (サブネット) 内の電波資源割当ての効率化を行うことで、周波数利用効率の向上 (例えば、20%以上) を実現する制御技術の研究開発</p> <ul style="list-style-type: none"> 地球上の複数ネットワーク間をつなぐ制御情報として、HAPS と静止/中/低軌道衛星を選択しながら活用し、提供サービスに応じて適切な相互接続・ゲートウェイ機能、またはハンドオーバー支援機能を実現し、システム劣化率を低減 (例えば、10%以上) できる制御技術の研究開発 地上系セルラーシステムと、HAPS・中/低軌道衛星間のセルオーバーレイ手法による通信チャネル動的割当てにより、加入者容量を向上 (例えば、20%以上) させる周波数有効利用技術の研究開発 <p>など</p>	
<p>(g2) 統合型モビリティ運用技術 (高高度)</p>		<ul style="list-style-type: none"> 高高度無人航空機への通信機器搭載技術として、国内外のコンソーシアム等が開発する制御用無線中継やバックホール中継、あるいはアクセス回線用等の通信関連機器を搭載するためのインターフェース、高高度環境適応技術等の研究開発 高高度無人航空機に B5G/6G ネットワーク用通信機器を搭載し、高高度からの実証試験を通じた 3 次元 B5G/6G ネットワーク運用技術の研究開発 <p>など</p>	
<p>(g3) 統合型モビリティ運用技術 (空中)</p>		<p>B5G/6G では、非地上系ネットワーク (NTN) により、陸から海、空、宇宙に渡り非地上系がシームレスに高速・高信頼・多接続に繋がり、また周波数を共有する技術が求められており、船舶では、安全航行やメンテナンスの最適化、更に自動航行に向けた船舶 IoT 化を大型船から小型船舶にも適用を広げる必要がある。また、非静止衛星や小型衛星の需要が増加し、周波数のひっ迫に伴い、Ka 帯以上の周波数利用が有効な状況である。船舶、車、無人航空機、小型衛星等に搭載可能でミリ波 (Ka 帯~) 以上の周波数に対応した低コスト (例えば、従来の 10 分の 1 以下) な平面アンテナの実現を目指して、低コスト化に資するデバイス技術の開発を推進するため、デバイスや部品の共通化、衛星、船舶、無人航空機といったマルチプラットフォームに適用可能なアレイアンテナシステムの実用化及び低消費電力化を図るための研究開発。開発する技術等は以下のとおり。</p> <ul style="list-style-type: none"> 周波数は Ka 帯からミリ波帯とする多素子平面アンテナ用のデバイス開発を含む高周波回路技術を構築する技術の研究開発 超小型アレイアンテナシステムを実現するビーム制御技術の研究開発 マルチプラットフォームに対応した多素子平面アンテナに向け、従来の 10 分の 1 以上の低コスト化・低消費電力化に向けた技術の研究開発 船舶からの衛星の環境下で利用可能とする技術の研究開発 <p>など</p>	
<p>(g4) 統合型モビリティ運用技術 (地上)</p>		<ul style="list-style-type: none"> 地上の非地上系ネットワーク (NTN) (車、ドローン、IoT 等) と B5G/6G システムをつなぐ技術の研究開発として、NTN が地上設置時や走行時は地上の B5G/6G システム (道路上の既存設備の有効活用も含む) や、空域では衛星・HAPS を用いて B5G/6G システム (小型衛星やローカル基地局等の研究開発も含む) にシームレスに接続する技術の研究開発を行い、地上 NTN がその移動範囲において常時 B5G/6G システムに接続され、自動運転や自動航行、広域データ収集に必要なネットワークの実現を目指す。 洋上の非地上系ネットワーク (NTN) (船舶等) と B5G/6G システムをつなぐ技術の研究開発として、NTN が内航船等は地上の B5G/6G システムに直接接続され、外航船等は衛星・HAPS を用いて B5G/6G システムにシームレスに接続する技術の研究開発を行い、将来的な小型・軽量・低コスト化の方向性を示す 地上の B5G/6G システムと NTN との周波数モニタリング技術、周波数共用技術・管理技術、干渉波軽減技術の研究開発 地上の B5G/6G システム間、空域では衛星・HAPS を用いた B5G/6G システムにシームレスに接続する 3 次元高 	

		速光通信多層ネットワークを実現する地上側の光通信端末の小型化・普及化を目指す研究開発など
・音響・光融合技術（水中通信）	(g5) 音響・光融合技術（水中通信）	<ul style="list-style-type: none"> 既存の水中無線通信では利用が困難な濁度の高い水中や水深の浅い水中において、10Mbps を超える電波を利用した無線通信の実現に向けて、水中において利用可能な広帯域かつ高効率（比帯域幅 20%以上）かつ、実用性を考慮したサイズ（作業用自律型潜航艇に搭載可能であること）と保守性（数年間に渡ってメンテナンスフリーであること）を達成するアンテナの研究開発 既存の水中無線通信では利用が困難な濁度の高い水中や水深の浅い水中において、10Mbps を超える電波を利用した無線通信の実現に向けて、水中における電波伝搬特性（海水の周波数特性等）等を考慮した上で、限られた周波数帯を高い周波数利用効率（10bps/Hz 以上）で利用する無線通信技術の研究開発 地上・海上等で使用されている電波を用いた既存システムとの周波数共用を目的として、周波数を共用する既存システムを特定した上で、既存システムへの与干渉軽減技術の研究開発 これらの基礎データとして、水中（海水及び淡水）における電波利用に向けて、水中及び水中・空気中との間における電波伝搬メカニズムを明らかにするため、利用が期待される周波数帯（2.4GHz 帯以下）を対象とした電波伝搬特性の測定 <p>など</p>
・衛星・光融合技術（衛星通信）	(g6) 衛星・光融合技術（衛星通信）	<ul style="list-style-type: none"> 低軌道衛星のコンステレーションを用いた非地上系ネットワーク（NTN）と地上系の B5G/6G システムをつなぐ技術として、地上系を用いても、衛星を経由しても B5G/6G システムとしてシームレスに接続するための衛星搭載光通信技術の研究開発 複数の光データ中継用の光通信機器と小型衛星を研究開発し、複数の小型衛星を活用し、光通信技術と電波の通信技術の両方を用いた NTN 等からのデータ伝送等の軌道上実証 光地上局の小型化、普及を図るための技術の研究開発 <p>など</p>
・リモートセンシング	(g7) リモートセンシング	<ul style="list-style-type: none"> 高度な ICT の活用により、豪雨・豪雪による災害発生のゼロを目指し、広域（例えば、半径 120km 以上）の気象環境（特に減衰の影響が大きい降水（雨や雪））を把握する観測技術の開発 高い空間分解能（例えば、数百メートル以下）で 3 次元降水分布を 1 分程度で把握し、5 分程度先の気象環境予測を可能にする技術の研究開発 把握した広域の膨大な気象環境情報の B5G/6G の安定した無線通信環境構築のための配信技術や防災・減災への利活用のための配信技術の研究開発 災害などのトラブルに対して可用性の高い自律性のある観測ネットワーク技術の研究開発 <p>など</p>
・ブレインマシンインターフェース	(g8) ブレインマシンインターフェース等	<ul style="list-style-type: none"> B5G/6G 環境において実現が期待される、超高速大容量通信、超低遅延、超多数同時接続、超低消費電力等の情報通信環境の特徴を生かして、人間と機械の間の新しい次元の通信を実現する双方向無線通信ブレインマシンインターフェース（BMI）技術（皮質脳波等の脳活動計測用センサー、神経信号用 ASIC、デコーディングアルゴリズム、非接触給電ユニット、体内外無線通信ユニット等の開発や国際標準化を含む）の研究開発 B5G/6G 環境における超高速情報通信環境を生かし、日常生活空間での脳情報等の生体信号について、シールドルーム外において非侵襲で精細に取得することを可能にする、生体磁気計測のためのセンサー技術類（心磁界計測が可能な検出感度（1 ピコテスラ程度）の人体に装着出来る小型センサー、及び、脳磁界計測が可能な検出感度（20 フェムトテスラ程度）のセンサー）の研究開発 B5G/6G の高度な通信能力を生かして脳情報通信技術の社会実装を急速に進めるため、技術の社会受容を促進するため、高速通信環境基盤を活用し、質と量ともに優れた大規模データ収集をある程度の広がりをもつ

		<p>街区等で実証するための基盤整備に向けた研究開発など</p>
<p>・社会知活用型音声対話技術</p>	<p>(g9) 社会知活用型音声対話技術</p>	<p>B5G/6G 時代において、質問応答や仮説生成等を行う高度な社会知解析技術を備えた AI と、高度な音声対話技術を組み合わせ、人間が AI や他の人間とコミュニケーションを行って QoL を向上させるための研究開発。電波の有効利用に資するためのデータ通信量を効率化する技術、及び B5G/6G ネットワークの特性を生かし、多数のデバイスを組み合わせてユーザの状況を効率的に把握する等、よりヒューマンフレンドリーな対話を実現する技術の研究開発。開発する技術等は以下のとおり。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・映像等複数の要素を加味したマルチモーダル対話を前提とし、断片的な音声入力や発話中のユーザ割り込みへの対応等、現在の音声対話システムの限界を打破した、より自然なターンレス対話を実現する技術の研究開発 ・SNS や Web に書き込まれたコンテンツと音声対話技術とのデータ連携により、年齢層や趣味などのバックグラウンドに対応した対話や、他者とのコミュニケーションにも対応するなど、多様な形でコミュニケーションを円滑にする技術の研究開発 ・このような対話技術に関して、対話システムが提供する機能等に対応するユーザ入力に対して、システムが対応する会話の分野で入力の大多数（少なくとも 80%以上）に対して、実際になんらかの適切な対応ができ、また、システムの誤認識等に対して訂正が行える機能を実現する研究開発 <p>など</p>
	<p>(g10) 多言語リアルタイムヒューマンインターフェース技術</p>	<p>B5G/6G 時代では、シビアな交渉等にも対応した高度な多言語同時通訳技術を組み合わせ、人と機械のインターフェースやリアルタイム通信デバイス等の実現が求められるため、B5G/6G ネットワークと連動し、電波の有効利用に資するための通信の効率化等も図りながら、ヒューマンフレンドリーな多言語コミュニケーションを可能とする技術を研究開発。開発する技術等は以下のとおり。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・B5G/6G の機能を最大限活用し、ユーザの作業等に影響を与えずに十分な臨場感があり、音声と映像の入出力が可能かつ 3 つ以上の複数のデバイスが低遅延（例えば、0.2 秒未満）で多地点同時接続が可能であり、小型で一定時間（例えば、バッテリーも含めて総重量 800g 以下かつ 2 時間以上）は屋外でワイヤレス動作可能な「ヒューマンインターフェースデバイス」の研究開発 ・人と機械とのインターフェースとして音声・文章・画像等の情報をわかりやすく伝える技術、マルチモーダル情報の活用を高度化するため、モデル学習等 AI の手法も検討し、多様なユーザの様々な環境で活用される技術の研究開発 <p>など</p>
<p>・行動変容（レコメンデーション）技術</p>	<p>(g11) 行動変容（レコメンデーション）技術</p>	<p>B5G/6G ネットワーク上で都市や生活環境の状況を随時把握し、最適化された行動支援を実現する技術、これらの技術について、電波の有効利用に資するために通信の効率化等も図りながらスマートシティ等に広く展開する技術の研究開発。開発する技術等は以下のとおり。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・多種多様なセンサー間で相互にデータを補完・補正し、行動支援の目的に最適化されたデータをリアルタイムに生成できるようにするために、スマートタウンやスマートホームなどにおいて、据付型、移動型及びウェアラブルなど多様なセンサーのデータを動的に連携させ、行動支援アプリの要求に応じてカスタマイズしたデータをリアルタイムに生成・配信する技術の研究開発 ・エッジ側で取得した環境情報を用いて、ルート案内等を即応性高く調整・提供する状況適応型ナビゲーションを実現するため、スマートモビリティや MaaS など、随時変化する周辺環境や交通、ユーザの状況に関する様々なデータを車載機器や携帯端末等で取得・解析し、目的地までの移動の安全性や快適性を向上させる能動的なナビゲーション技術の研究開発 <p>など</p>

	<p>・超臨場感技術</p>	<p>(g12)超臨場感技術</p>	<p>B5G/6G 時代における人とのインターフェースを担う XR/五感伝達/遠隔操作等のデバイス・ロボット等の機能の高度化の実現と無線等の通信容量のひっ迫対策のための大幅な効率化を両立するためのインターフェース技術を研究開発し、従来技術と比較して、遠隔空間の XR・五感体験、遠隔からの身体作業・操作等におけるユーザビリティ（快適性、直感性、自然さ、実在感等）の向上が大幅に図れることを定量的に検証。開発する技術等は以下のとおり。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・遠隔地の空間情報を実在感の高い自然な映像として再現・拡張・融合するための XR（VR, AR, MR）デバイスの研究開発 ・視覚・聴覚・触覚・身体感覚・嗅覚等の五感情報を取得・伝達しユーザに豊かに感じさせるための感覚デバイスの研究開発 ・日常の身体活動・作業（介護・土木・農作業等）を遠隔からでも円滑に実施するための遠隔操作型ロボット・アクチュエータの研究開発 <p>など</p>
	<p>・ロボティクス</p>	<p>(g13)ロボティクス</p>	<p>災害現場対応やインフラ保守点検（地下構造物、下水道内、山間部の橋梁等）など、人の立ち入りが困難かつ電波の到達性に劣る環境においても、100 台規模の作業用ロボット（飛行型、クローラ型等）群に対する極低遅延ネットワークによる遠隔制御を実現するための研究開発。開発する技術等は以下のとおり。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ロボット単体の可動性及びロボット群としての空間的な冗長性を積極的に活用し、かつ、陸上から成層圏に展開される様々な無線通信ネットワーク技術を活用することで、あらゆる場所・環境において、群ロボットの自律/遠隔制御に必要なタフな無線通信ネットワークを実現できる無線通信ネットワーク構築・管理技術の研究開発 ・災害現場等の未知の建造物にロボットが投入される場合においても、無線通信環境を動作中にリアルタイムに予測できるようにするため、ロボットが搭載した各種センサー等を活用した電波強度等の通信性能予測技術の研究開発 ・無線通信ネットワーク技術とロボット知能を融合して B5G/6G をフルに活用し、困難な場所へのアクセスとリアルタイム作業を可能にする災害現場対応やインフラ保守点検などのための中継ロボット群システム、及び自律/遠隔作業用ロボット群の研究開発と現場環境や模擬環境での実証試験 ・B5G/6G に向け、フィジカル情報を含むマルチモーダルリアルタイムコミュニケーションを超多数のロボットと人間との間で実現し、それにより新たなサービスを実現できるロボティクスの研究開発 <p>など</p>

以上