

「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（第2版）（案）

※）情報通信審議会 情報通信技術分科会 技術戦略委員会において審議されている「Beyond 5G に向けた情報通信技術戦略の在り方」報告書（案）に記載されている10課題との対応関係

技術分野	研究開発課題候補	開発対象	10 課題対応※)	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	(1-1) 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技術	課題3 (装置・デバイス) 課題1 (オール光) 課題2 (オープン)	現実空間とサイバー空間が一体化した「Cyber-Physical System (CPS)」社会ではサイバー空間での強力なコンピューティング能力の強化が必須であり、これをユーザの近傍で実現する次世代エッジクラウドコンピューティング基盤の構築に向けて、ボトルネックとなり得る基地局及び端末間の無線通信のトラフィックを削減しつつ、高速・大容量化するための研究開発。開発する技術等は以下のとおり。 ・ 高速大容量データ転送を実現する革新的ハードウェア技術として、マイクロ・ハイパースケールデータセンターや MEC 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 超級超小型光トランシーバ、チップ間・ボード間光接続を可能とする高密度光電インターフェース技術及び小型大容量スイッチ装置等の技術確立の研究開発 ・ 多種多様な B5G サービスを高速・高効率に処理可能な高機能エッジクラウド情報処理基盤技術として、マルチコア光ファイバ等次世代光ファイバを活用した、極低遅延スイッチング技術、リソース分離型コンピューティング技術及びネットワークスライシング技術の研究開発 など
	・光ネットワークの大容量化技術	(1-2) 光ネットワークの大容量化技術	課題1 (オール光) 課題2 (オープン) 課題3 (装置・デバイス) 課題4 (オーケストラ)	B5G 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空間多重光ネットワーク・ノード技術の研究開発。開発する技術等は以下のとおり。 ・ コア・メトロ及びモバイルバックホールについて転送コストの削減、転送距離の長延化を実現するための空間チャネル・波長チャネルを最適配置した光ネットワーク・光ノード設計技術の研究開発 ・ ノードの保守や拡張性を考慮し、省電力・省スペースを進めた中継システム構築技術やリンク接続技術、障害検知のための監視技術による光ネットワークシステム技術の研究開発 ・ 低損失、大規模、コンパクトな光ノードを実現するための高効率光増幅技術、空間光スイッチ技術、ノード内高密度配線・接続技術、光ノード制御・管理技術の研究開発 ・ 広帯域波長に対応した光ノード技術の研究開発 など
	・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)	(1-3) 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	課題8 (端末・センサー) 課題5 (無線) 課題6 (NTN)	様々な利用が進んでいるワイヤレスパーソナルネットワーク (WPAN)、ワイヤレスローカルネットワーク (WLAN) や、非地上ネットワーク (NTN (Non-Terrestrial Network)) 等へのテラヘルツ波の適用を目指した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。開発する技術等は以下のとおり。 ・ ワイヤレスパーソナルネットワーク (WPAN) への適用を目指し、300GHz 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 次元で異種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し、また、マルチユーザ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て適切なビーム方向制御(例えば角度±30°)を実現するモジュール

				<p>の構築に関する技術の研究開発</p> <ul style="list-style-type: none"> 高画質動画の配信や大容量インターネット接続を実現するテラヘルツ帯を用いた無線システムとして、MIMO 機能を有する高利得アンテナ制御技術、300GHz 帯フロントエンド部およびベースバンド部の研究開発 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、 多数の基地局やアンテナのネットワーク化に寄与する屋外で動作可能な広帯域 300GHz 帯固定無線システム技術の研究開発 ミリ波帯の特性を生かした高効率低電力動作を可能とする指向性ビーム結合型無線通信端末技術の研究開発、 <p>など</p>
	(1-4) B5G に向けたセルラー方式以外の新たなアクセス技術	<p>課題 5 (無線) 課題 8 (端末・センサー)</p>		<p>上りリンクの高速化やセル境界問題の解決を図るためのセルラー方式以外の新たなアクセス方式として、中継機能を持つ周辺デバイスとユーザ端末をテラヘルツ波で接続し、それらの連携を図る端末拡張型無線通信システムを検討し、信号処理技術、及び大規模無線アクセス網 (RAN (Radio Access Network)) 構築・制御技術等の研究開発と、そこで使用されるテラヘルツ帯の通信利用の実践に関する研究開発。開発する技術等は以下のとおり。</p> <ul style="list-style-type: none"> ユーザ端末と、複数の周辺中継デバイスの方向を推定し、かつ通信を確立するためのテラヘルツ帯 RF 構成技術として、RF フロントエンド、アンテナ、電波伝搬モデルの研究開発 テラヘルツ帯無線で接続された複数の中継デバイスを用いて、ユーザ端末で MIMO 信号処理を実現するための位相雑音や非線形歪みなどに対する補償技術の研究開発 端末拡張型無線通信システム構築・制御技術として、高い周波数帯の利用や、これによる空間解像度向上と稠密な電波有効活用、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やダイナミックなスライスの構築、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>
	(1-5) テラヘルツ波デバイス技術	<p>課題 8 (端末・センサー) 課題 5 (無線)</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

			<p>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> <ul style="list-style-type: none"> ・ B5G における分散ネットワークのエッジ部分での高速・大容量無線通信に必要なとなる 100GHz 程度から 220GHz 以上の周波数帯での小型高出力増幅器あるいは非線形デバイス、広帯域・低遅延無線通信に必要なとなる線形回路技術、さらにエッジコンピューティング低消費電力化につながるエッジデータセンター用サーバー電源を含むエネルギー効率化技術およびデータセンター運用効率化技術の研究開発 (GaN などワイドバンドギャップ半導体の高周波素子としての高速性・高出力性および電力素子としての低消費電力性を基盤とする研究開発) ・ 無線通信システムのみならず、自動運転、工場の無人化、医療ヘルスケアなど多方面への応用を視野に入れ、多数同時接続による無線通信ネットワークの実証と、それに用いる高速半導体等を活用したミリ波-テラヘルツ波高周波デバイスに関する研究開発 ・ 多様な周波数帯の分離に利用可能なテラヘルツ波帯単方向・双方向フィルタに関する研究開発 ・ テラヘルツ帯域信号の電場可視化に関する研究開発 <p>など</p>
	(1-6) テラヘルツ波無線伝送のための伝搬及び信号処理技術	<p>課題 5 (無線) 課題 8 (端末・センサー)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ B5G 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 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 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 ・ B5G で用いられる電波伝搬特性を踏まえた、建築物における電波透過特性改善技術や低伝搬損失の新たな建築材に関する研究開発 <p>など</p>
	(1-7) テラヘルツ用ウルトラワイドバンドギャップ半導体技術	<p>課題 5 (無線) 課題 3 (装置・デバイス)</p>	<p>B5G で想定される 300GHz 以上のテラヘルツ領域で、携帯電話基地局等において信号波の増幅、発振に必要なとなる超高周波パワー半導体デバイスの研究開発。開発する技術等は以下のとおり。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 5G で主流の窒化ガリウム (GaN) よりバンドギャップの広いダイヤモンドや酸化ガリウム (Ga₂O₃) などウルトラワイドバンドギャップ半導体の最大発振周波数 (f_{MAX}) が 150GHz 以上の超高周波パワー半導体デバイスの作製技術、当該デバイスの信号波を過倍し、300GHz 以上にする過倍技術の研究開発 ・ 現在のデバイスの動作電圧を 4 倍以上にし、携帯電話基地局システム全体の省エネルギー化により消費電力を 50%以下にする技術の研究開発 ・ 超高周波パワー半導体の入出力特性の線形性領域を現在より 20dB 以上向上させる技術の研究開発 ・ 現在の GaN や Ga₂O₃ の N 型デバイスとダイヤモンドの P 型デバイスを組み合わせた超高周波パワーコンプリメンタリ回路の技術の研究開発 <p>など</p>
・ 次世代光ファイバ伝送技術	(1-8) 次世代光ファイバ伝送技術	<p>課題 1 (オール光) 課題 3 (装置・デバイス)</p>	<p>B5G 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</p>

			<p>バイス)</p>	<p>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。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 空間チャ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省電力な光増幅中継技術の研究開発 ・ 空間多重光ファイバに対応した光合波/分波器、ファイバ間接続コネクタ・融着技術の研究開発 ・ 製造性・信頼性・機能性に優れた空間多重光ファイバの研究開発 ・ 空間多重光ファイバ用光機能素子（光減衰器、波長フィルタ、アイソレータ、カップラ等） ・ 広帯域波長用の光源、光ファイバ、ファイバ接続技術の研究開発 <p>など</p>
	<p>・ アナログ/デジタル協調技術</p>	<p>(1-9) アナログ/デジタル協調技術</p>	<p>課題5 (無線 課題3 (装置・デバイス) 課題1 (オール光))</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ B5G 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、アクセス網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、高可用性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、空間光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 B5G 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アクセスサービス(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>
<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)</p>	<p>・ 伝送メディア(光・電波)変換技術</p>	<p>(2-1) 伝送メディア(光・電波)変換技術</p>	<p>課題3 (装置・デバイス) 課題5 (無線) 課題1 (オール光))</p>	<p>光ファイバや空間光等、伝送路上の光信号とミリ波～テラヘルツ波帯無線信号を超高速に超低遅延で相互変換することにより、B5G で課題になる大量の中継局と制御局間をシームレスに接続する電波・光融合通信システムを実現するための技術。開発する技術等は以下のとおり。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 移動体等に対して 50Gbps/チャンネル以上の通信速度で送受信を実現するため、光とミリ波・テラヘルツ波帯の広帯域相互信号変換技術、移動体と光ファイバ通信網をシームレスに繋ぐ大容量データ伝送技術、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ための研究開発 ・ ショートリーチ通信ネットワークの柔軟性、可用性向上のため、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口バストかつ大容量(例えば 100Gbps 級)を実現する空間光無線伝送技術、通信距離 500m 程度内のショートリーチ大容量固定無線、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の研究開発 ・ 帯域幅 50GHz 級の高速・広帯域光信号を低遅延(例えば 100 マイクロ秒以下)で配信するための波形信号処理技術、100GHz 以上のキャリア周波数に対する無線・光融合デバイス技術の研究開発 ・ 自動運転車等の狭小空間有線ネットワークと外部 RAN 等を効率的に接続し低遅延で信号配送するための変換デバイスおよびネットワーク技術の研究開発 <p>など</p>

	<p>・高精度時空間同期基盤技術 (端末間、エッジ、基地局等)</p>	<p>(2-2) 高精度時空間同期基盤技術 (端末間、エッジ、基地局等)</p>	<p>課題5 (無線) 課題8 (端末・センサー) 課題10 (サービス・アプリ) 課題3 (装置・デバイス)</p>	<p>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</p> <ul style="list-style-type: none"> セキュアかつ小型で安価な高精度時刻周波数基準実現のため、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かつ、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として、原子時計の構成要素となる技術と、原子時計の動作を評価するための計測システムの研究開発 より高い周波数への移行を見据えた有無線/オールフォトニ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として、時刻情報を生成・供給するためのアルゴリズム及び分散型無線時刻同期システム等の研究開発 小型原子時計の分散配置によるアンサンブル技術を加えることで、GPSの微弱な電波に依存しないロバストで高精度同期ネットワークを実現させ、自動運転などの安心安全を実現する技術開発 B5Gで求められるエッジコンピュータ同士の物理的位置に非依存なリソース共有、連携、有効活用を可能とする、サービス同期の具現化を図る技術の研究開発 <p>など</p>
	<p>・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)</p>	<p>(2-3) 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)</p>	<p>課題9 (仮想化) 課題4 (オーケストラ) 課題2 (オープン) 課題3 (装置・デバイス) 課題5 (無線)</p>	<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 多様な無線規格を同時に利用し、アップリングの高帯域性と工場の自動化等の通信環境に対してロバストな低遅延性を同時に保持する通信仮想化技術の研究開発 認識/判断/制御のソフトウェアモジュールを柔軟に組合せ可能とすることで、処理遅延の要求を満たしつつ、様々なIT/産業システムの自律分散構成変更が可能で、スケーラブルな計算能力をもつミドルウェア基盤のアーキテクチャの確立を目指す研究開発 ネットワーク制御とアプリレイヤのトラスト情報 (認証認可) の連携技術の研究開発 ハードスライシングを利用した多エリア間超低遅延ネットワーク技術及びネットワークリソーススケジューリング等のネットワーク機能との連携を実現する研究開発 <p>など</p>
	<p>・ネットワーク内コンピューティングの迅速化技術 (区間毎の機能最適化等)</p>	<p>(2-4) ネットワーク内コンピューティングの迅速化技術 (区間毎の機能最適化等)</p>	<p>課題9 (仮想化) 課題4 (オーケストラ)</p>	<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・エンドでのデータ流通の最適化や高可用化を

			課題 2 (オープン)	<p>現するための研究開発</p> <ul style="list-style-type: none"> データ流通の最適化のみならず、ネットワークサービスにかかる処理をエンド・ツー・エンドで適正に提供するため、ネットワーク内の計算・蓄積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高品質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負荷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高速化技術の研究開発 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・運用性を向上するネットワーク内処理機能の研究開発 <p>など</p>
	<ul style="list-style-type: none"> 多拠点間リアルタイム協調処理基盤技術 	(2-5) 多拠点間リアルタイム協調処理基盤技術	課題 1 (オール光)	<p>B5G で重要な超低遅延を要求するサービスを、従来のサービスと干渉なしに混在させ、同時に無線区間の時間的要求条件を緩和することで電波の有効利用を図りつつ、複数拠点間で同期可能とする研究開発。開発する技術等は以下のとおり。</p> <ul style="list-style-type: none"> 拠点間オール光ネットワークを、ハードウェア的に分離された多数 (例えば、10,000 以上) の超低遅延ハードスライス単位 (スライスレット) により構成し、スライスレットを任意に組み合わせることで要求通信容量 (1~100Gbps) に応じたプログラマブルハードスライシングを実現する、多拠点間超並列ネットワークスライシング技術の研究開発 光・無線融合アクセスネットワークにおける基地局構成要素である CU、DU 及び RU 機能分離をスライスレット毎にリソースを兼用化し、超低遅延と他接続を柔軟に変更する機能を実現する研究開発。例えば、通信容量 (1~100Gbps) や遅延 (10ms 以下) 等の要求条件に適したスライス毎の CU/DU/RU 配置・機能分離の実現技術の研究開発 多数 (例えば、10,000 以上) のハードスライシングを実現するため、空間分割多重や波長分割多重を用いて超並列化を可能とする低コスト高集積フォトニクスデバイス技術と、多拠点間超並列光伝送システム実現技術の研究開発 多拠点に分散した計算資源を、超低遅延ハードスライスを用いてリアルタイムに連携させることで、面的時空間同期による拠点間協調ネットワークアプリケーションを実現し、多拠点統合デジタルツインプラットフォームの実現を図る研究開発 テストベッド等による実証を含む物理的極限まで伝送遅延時間を低減する伝送路構成技術の研究開発 <p>など</p>
<p>超多数同時接続を実現する技術 (アンテナ高度化等)</p>	<ul style="list-style-type: none"> 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 	(3-1) 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	課題 5 (無線) 課題 8 (端末・センサー)	<p>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。</p> <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

				<p>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、</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 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 ・ テラヘルツ帯・ミリ波帯における移動環境下でも送受信ビームを追従させるビームフォーミング技術及び制御技術の研究開発 ・ マイクロ波帯におけるマルチユーザ環境下でも大容量かつ超低遅延伝送を実現する技術の研究開発など
	・ mMIMO 技術の高度化	(3-2)mMIMO 技術の高度化	課題 5 (無線)	<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 ・ 少ないストリーム数に対応し、回路規模増大の回避を図るため、アンテナでビームステアリングする小型・低消費電力の massive MIMO 技術の研究開発 ・ 周波数利用効率の改善や 1GB 当たりのコスト低下等に寄与する Cell Free Massive MIMO、高周波数帯におけるカバレッジ改善を目指した mmWave Massive Relay MIMO に関する研究開発など
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	(4-1)ヘテロジニアス光電子融合技術	課題 3 (装置・デバイス) 課題 5 (無線) 課題 1 (オール光)	<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支えるために、光電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・大規模集積化技術、及び、100Gbps 級/レーンで高温動作や環境耐性の高い量子ドット等新規材料を活用した光・無線データ生成および中継等制御技術の研究開発 ・ 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変換機能ならびに当該無線通信周波数帯と中間周波数帯の双方を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
	・ ナノハイブリッド基盤技術	(4-2)ナノハイブリッド基盤技術	課題 3 (装置・デバイス) 課題 5 (無線)	<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 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やマルチコアファイバ一伝送への適用に関する研究開発 ・ 空間多重光通信や高速光無線通信に適した垂直入射型光変調器・受信器などの研究開発 ・ 100GHz 帯以上の B5G 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低消費電力の無線-光信号変換デバイスの研究開発など
	・脳型 AI (脳情報通信技術)	(4-3)脳型 AI	課題3 (装置・デバイス)	<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 における活用を実現するため、広域において B5G で想定され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など
	・高機能低消費電力デバイス	(4-4) 高機能低消費電力デバイス	課題3 (装置・デバイス) 課題8 (端末・センサー)	<p>スピントロニクスデバイス技術やワイドバンドギャップ半導体技術など、低消費電力性に優れ、意識的な電源操作を不要とする可能性を持つデバイス技術や高周波かつ高出力を実現す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る耐環境性を持つ素子・回路技術、分散ネットワークのエッジ部分での高速・大容量無線通信の基盤となる素子技術、ICT 機器の低消費電力のための回路技術及びそれらの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 ・ B5G における分散ネットワークのエッジ部分での高速・大容量無線通信に必要な 100GHz 程度から 220GHz 以上の周波数帯での小型高出力増幅器あるいは非線形デバイス、広帯域・低遅延無線通信に必要な線形回路技術、さらにエッジコンピューティング低消費電力化につながるエッジデータセンター用サーバー電源を含むエネルギー利用効率化技術およびデータセンター運用効率化技術の研究開発 (GaN などワイドバンドギャップ半導体の高周波素子としての高速性・高出力性および電力素子としての低消費電力性を基盤とする研究開発) 【再掲】 ・ 均質性の高いカーボン材料 (グラフェン) など低環境負荷の基礎素材開発や、グラフェン、ポロフェンといった低環境負荷物質による集積デバイス開発、パワーアンプの低消費電力化に関する研究開発 <p>など</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)	・量子暗号通信 (地上、衛星)	(5-1)量子暗号通信 (地上、衛星)	課題7 (量子)	<p>光量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

				<p>現するための認証基盤技術等の研究開発</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 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） ・ 衛星搭載を想定し、放射性耐性など、宇宙空間でも長期に安定して利用できる高性能エレクトロニクスの研究開発 <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>(5-2) 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>課題 5（無線） 課題 4（オーケストラ） 課題 9（仮想化）</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、トラヒ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>(5-3) 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>課題 9（仮想化） 課題 2（オープン）</p>	<p>B5G 時代のネットワークには多種多様な機器が接続される中、電波資源の有効活用しつつ安全性を大幅に高めるためには、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・低ジッタなネットワークスライスを実現し、多量のトラヒックを遠隔（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ヒ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、AI 技術の活用も含めたデジタルツイン監視・In-Network Security 技術の研究開発 	

				<ul style="list-style-type: none"> Japan OTIC (Open Testing and Integration Centre) を活用した 0-RAN Security 要件に関する検証 など
	<ul style="list-style-type: none"> 超巨大・超高速データセキュリティ技術 	(5-4) 超巨大・超高速データセキュリティ技術	課題3 (装置・デバイス)	<ul style="list-style-type: none"> B5G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。 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
自律性を実現する技術 (仮想化、オープン化等)	<ul style="list-style-type: none"> ネットワークの自律・分散・協調型制御技術 	(6-1) 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)	課題4 (オーケストラ)	<ul style="list-style-type: none"> 無線障害のみならずハードウェア・ソフトウェア障害発生時にも通信を継続可能とするために、ネットワークや無線ハードウェアの多重化及び仮想化を行い、障害が発生したときに障害を検知しネットワーク全体で障害を回避することにより、システム全体で強靱な通信を可能とする強靱型ネットワーク構成技術の研究開発 汎用的な部品で多重化を果たすための、ハードウェア多重化やアンテナ共用、小型・省電力化を実現する B5G に向けたハードウェア構成技術の研究開発 多重化した状態で、ソフトウェアがお互いに同期し情報を共有しあう仕組みを確立し、また各種の障害を検出する方法を具備し、実際に障害回避動作を行う B5G 向けの多重化プロトコル処理システムの研究開発 セキュリティ機能有無などの新旧機器が混在するシステム環境においても、安全にシステムを外部ネットワーク、クラウドに接続する課題に対し、機器のリスクモニタリングやリスクに適用した動的なアクセス制御によって適切なアクセス開閉を実施し、安全にデータの利用を行うための、セキュアデータ分散型ネットワークシステムの研究開発 自律型ネットワークの AI とサービス側の AI が連携するためのリファレンスモデルとそれを介して実際にネットワークとサービス側の制御を行うネットワーク-サービス動的制御技術の研究開発 サービス側の研究開発として、映像に関するサービスにおけるコンテンツ、配信サーバ、キャッシュサーバ、経路等を動的に制御する AI を活用したサービス制御技術を実装したサービス機能が自律ネットワークと連携して動作する NW-サービス動的制御技術の研究開発 IoT に関するサービスとして、ネットワークや MEC 等とリアルタイムかつ大容量のデータの授受を行う自律走行ロボットが自律ネットワークと連携して動作するネットワーク-サービス動的制御技術の研究開発
	<ul style="list-style-type: none"> プログラマブルフォトニックネットワーク技術 	(6-2) プログラマブルフォトニックネットワーク技術	課題9 (仮想化) 課題1 (オール光) 課題2 (オープン)	<ul style="list-style-type: none"> 光ファイバ通信におけるネットワーク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

			<p>課題4（オーケストラ）</p>	<p>及び自律的に負荷分散などを行うクローズ・ループ制御技術の研究開発</p> <ul style="list-style-type: none"> 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、光信号品質の監視や周辺環境を把握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、ホワイトボックス型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制御技術の研究開発 B5Gにおいて重要な超低遅延スライスの実現性を高める、空間方向でのネットワークスライシング実現を目指した、デバイス及びシステムに関する研究開発 <p>など</p>
<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）</p>	<p>(6-3)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>	<p>課題2（オープン） 課題9（仮想化） 課題4（オーケストラ） 課題5（無線）</p>		<p>2030年代のB5G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、O-RAN(Open Radio Access Network) ALLIANCEなどの国際的枠組を通じたオープン化や標準化の動向を踏まえつつ、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 上位サービスの要求性能に合わせて B5G で必要不可欠な無線・有線を含めたリソースの総合連携を実現する研究開発 複数オペレータが持つリソースを融通し、サービスに適した環境を供するためのオーケストレーションを実現する研究開発 異種ベンダ製のハードウェア、ソフトウェアの抽象化、抽象化されたハードウェア・ソフトウェアの特性に基づいた演算処理の分散・統合処理等を実現するソフトウェアの研究開発 多様なサービス利用を前提とした自律ネットワーク実現のためのフレームワークの研究開発及びその実現に必要な技術の研究開発、特にネットワークの自己適応・自己最適化において重要となる人工知能、人工進化、ネットワークシミュレーション分野における技術の研究開発 ネットワークスライスをユーザごと、ユーザが用いるアプリケーションごと等の細粒度で構築することを可能とするためのリソース分離・共有技術、スライスの動的再構成技術に関する研究開発 モバイルネットワークを構築する複数のネットワークドメイン（例：基地局(RAN)、モバイルコアネットワーク、トランスポートネットワーク）の連携により、1つのネットワークドメインでは解決できないような障害から自律的に復旧する技術や大規模障害が発生した際に、他のモバイルネットワークとの連携を図ることで、自律的に復旧する技術に関する研究開発 AIを活用した自律的なセキュリティ診断などのソフトウェア技術の高度化に関する研究開発 AI/ML技術を用いたx/rAPPsに関する研究開発 O-RANにおける相互運用技術に関する研究開発

				など
		(6-4) ローカル B5G を実現する超柔軟性・プログラム性を持つエンド・ツー・エンドシステム	課題 5 (無線) 課題 9 (仮想化)	B5G/6G では未開拓領域の通信や新たなユースケースに対応するため、ユーザが柔軟にカスタマイズ可能かつ、迅速で安価に通信ソリューションを創造・展開する技術の実現が期待されることから、誰もが自分で構築できる情報通信基盤技術の確立のため、超柔軟性・プログラム性を有したエンド・ツー・エンド通信を実現する、ローカル B5G の安価なプラットフォームの構築の研究開発。開発する技術等は以下のとおり。 <ul style="list-style-type: none"> ローカル 5G のプラットフォームを起点とし、徐々にフルにカスタマイズ可能なプラットフォームをオープンソースを駆使しながら構築する研究開発 エンド・ツー・エンドでフルにプログラマブルな基本プラットフォームを用いて、ローカル 5G からローカル B5G への移行を達成する研究開発 など
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フェース等)	・衛星・光融合技術(衛星通信)	(7-1)衛星・光融合技術(衛星通信)	課題 6 (NTN)	<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 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 システムとしてシームレスに接続するための衛星搭載用通信機器及び地上局の研究開発 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をクロスリンクする融合技術の研究開発や、両方を用いた NTN 等からのデータ伝送等の軌道上実証 データ中継衛星からフィードリンクによる通信を地上局で受信後、B5G に接続する部分に関する技術として、衛星コンステレーション通信網の仮想化エミュレータ等の研究開発 衛星-地上もしくは衛星間でより高速な通信回線を実現するため、40GHz 以上の周波数に対応した衛星通信デバイスおよび通信機器等の研究開発 など
	・統合型モビリティ運用技術(衛星、高高度、空中、地上)	(7-2) 統合型モビリティ運用技術(高高度)	課題 6 (NTN)	<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 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 ネットワーク運用技術の研究開発 など
		(7-3) 統合型モビリティ運用技術(衛星)	課題 6 (NTN)	<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 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ンネル

				<p>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など</p>
	(7-4) 統合型モビリティ運用技術 (空中)	課題6 (NTN)		<p>B5G 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 ・ モビリティの動揺を追尾可能するビーム制御技術の研究開発 ・ 低消費電力アンテナ実現のための高周波デバイス技術の研究開発 <p>など</p>
	(7-5) 統合型モビリティ運用技術 (地上)	課題6 (NTN)		<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 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 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 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 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 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 システムに直接接続され、外航船等は衛星・HAPS を用いて B5G 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 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 システム間、空域では衛星・HAPS を用いた B5G 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 ・ 地上における大量の自動運転車を遠隔監視・制御するために必要となる大容量の映像 (車載カメラから取得される車内外の映像) の伝送や乗客の属性に応じた最適なコンテンツ (車室空間体験を向上させる映像・xR コンテンツ等) の送受信・自動運転車のソフトウェア (ダイナミックマップ、自動運転ソフトウェア) やログ更新をリアルタイムに行うための伝送技術の研究開発 ・ 高度な自動運転に必要となる V2X (Vehicle to Everything) 技術や、自動運転及び交通制御の高度化に資する周波数共用技術・高度運用調整技術・周波数の効率利用技術に関する研究開発

				<ul style="list-style-type: none"> 電気自動車によるマイクロモビリティの活用を軸にした人・モノのシームレスな移動やマイクロ-マクロ間移行をカーボンニュートラルに実現する統合型 Shared Micro Mobility のためのフレキシブルな Beyond 5G ネットワーク技術の研究開発 など
<ul style="list-style-type: none"> 音響・光融合技術（水中通信） 	(7-6) 音響・光融合技術（水中通信）	課題6（NTN）	<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 など 	
<ul style="list-style-type: none"> リモートセンシング 	(7-7) リモートセンシング	課題10（サービス・アプリ） 課題4（オーケストラ）	<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を、5G の安定した無線通信環境構築及び防災・減災へ利活用する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 ドローン群を用いた野生鳥類との共生を実現するためのセンシング技術及びロボット連携による鳥群行動制御技術に関する研究開発 など 	
<ul style="list-style-type: none"> ブレインマシンインターフェース 	(7-8) ブレインマシンインターフェース等	課題10（サービス・アプリ）	<ul style="list-style-type: none"> B5G 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 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 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>・社会知活用型音声対話技術</p>	<p>(7-9) 社会知活用型音声対話技術</p>	<p>課題10(サービス・アプリ)</p>	<p>B5G 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 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を通して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など
	<p>(7-10) 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>課題10(サービス・アプリ)</p>	<p>B5G 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 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 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」の研究開発など
	<p>・行動変容（レコメンデーション）技術</p>	<p>(7-11) 行動変容（レコメンデーション）技術</p>	<p>課題10(サービス・アプリ)</p>
<p>・超臨場感技術</p>	<p>(7-12) 超臨場感技術</p>	<p>課題10(サービス・アプリ)</p>	<p>B5G 時代における人と人や人と機械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、メディア表現技術及びその低遅延伝送技術を研究開発し、従来</p>

				<p>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 ・ ホログラフィ 3D 空間伝送技術の研究開発 ・ Beyond 5G 時代の映像符号化技術の研究開発 <p>など</p>
・ロボティクス	(7-13) ロボティクス	<p>課題 10 (サービス・アプリ) 課題 5 (無線)</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 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 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 ・ 地域や産業のニーズに応じた工場、建設現場、倉庫、介護施設、様々な公共施設や路上においても、不特定多数の人と多数のロボットが安全かつ効率的に協調・共存するための自律・遠隔制御技術を実現するための研究開発 ・ B5G 無線通信ネットワークと次世代エッジクラウドコンピューティング基盤との連携で実世界の空間を詳細かつリアルタイムにデジタル化し、これに基づき多数のロボットを適応的に制御することで、不特定多数の人と多数のロボットの安全かつ効率的な協調・共存を可能にする技術の研究開発、及び広域テストベッド・無線テストベッドを活用した検証 ・ 協調型 GPS 環境の技術プラットフォーム構築に関する研究開発 <p>など</p>	
・継続的進化を可能とする端末技術	(7-14) 継続的進化を可能とする端末技術	課題 8 (端末・センサー)	<p>B5G に向けて、既存の海外製インフラとの互換性、協調性を担保しつつ、継続的な進化への追従を可能とする柔軟なプラットフォームを構築し、安定性、拡張性の高い通信インフラを実現するために、キーデバイスである B5G 端末向け SoC に関する研究開発。開発する技術は以下のとおり。</p>	

				<ul style="list-style-type: none"> ・ B5G 端末の通信規格および要求仕様の継続的な進化への追従が可能な SoC を実現し、交換サイクルが 10 年以上と長いインフラ分野にまで適用が可能な SoC として、デバイスレベルでフレキシブルなプラットフォームを実現するための研究開発 ・ B5G IoT 端末向けの通信用ベースバンドチップを国内設計し、プロトコルや一部機能のカスタマイズなど、国産 B5G IoT 端末向けの柔軟なアーキテクチャを有する通信用チップセットを開発するための研究開発 ・ 汎用 SoC の課題である、チップへの外部からの攻撃に対する脆弱性に対して、設計段階でハードウェア上にセキュリティ強化を加え、より安全な B5G IoT システムを実現するための研究開発 ・ 上記フレキシブルな B5G IoT SoC と親和性の高く低コスト化が可能な、ミリ波帯 (60GHz 帯以上) まで対応する端末向け RF システムを実現するためのトランシーバ/アンテナの研究開発 ・ モバイル IoT 機器における不要電波の発生と無線通信デバイスの干渉問題の解消に向けた近接 EMC の高度化に関する研究開発 ・ IC チップの不正検知手法に関する研究開発
・ 端末管理	(7-15) 端末管理技術	課題 5 (無線)	<ul style="list-style-type: none"> ・ 超多数同時接続を実現する上で端末増加と通信の多様さの双方の拡大へ対応するために、モバイルシステムへ収容する端末の管理を効率化するモバイルシステムアーキテクチャの研究開発 	
・ HAPS のフィーダリンク伝送容量の拡大	(7-16) HAPS によるセルラー通信におけるフィーダリンク伝送容量拡大技術	課題 6 (NTN)	<p>HAPS によるセルラー通信でマルチセル構成によるサービスリンクの無線伝送容量の増大を実現するため、中継回線であるフィーダリンクの無線伝送容量を増大させるための研究開発[*]。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ フィーダリンク上り回線の周波数利用率を改善する研究開発 (周波数利用率を 3 ~ 6 倍に向上) ・ フィーダリンク下り回線の周波数利用率を改善する研究開発 (周波数利用率を 3 ~ 6 倍に向上) ・ フィーダリンクに高い周波数 (例えば、ミリ波) を利用する場合、降雨減衰による通信品質の低下を改善する研究開発 <p>など</p> <p>[*] 例えば、100MHz 帯域幅のサービスリンクの無線伝送システムで、サービスリンクとして 7 セル、19 セルを構築する場合、フィーダリンクはそれぞれ 0.7GHz (=0.1GHz × 7)、1.9GHz (=0.1GHz × 19) の帯域幅が必要となるがそのような帯域幅の確保が目標</p>	
・ 移動通信三次元空間セル構成	(7-17) 移動通信三次元空間セル構成と他システムとの周波数共用技術	課題 4 (オーケストラ)	<p>同一周波数を共用可能とする次世代移動通信三次元空間セル構成及び他システムへの与干渉抑圧技術の研究開発。開発する技術は以下のとおり。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 地上端末とドローン等の上空端末が同一周波数を共用する三次元空間セル構成の研究開発 ・ マクロセルと中高層ビル内の複数のスモールセルで構成される三次元空間 HetNet 構成において、マクロセルとスモールセルが同一周波数を共用する三次元空間セル構成の研究開発 ・ セル (セクター) 境界の通信品質を改善する三次元空間セル構成の研究開発 ・ 同一周波数を利用する他システム (例: 衛星通信) への与干渉抑圧技術による同一周波数共用の研究開発 ・ 上空セル対応の三次元空間電波伝搬モデルの研究開発 <p>など</p>	
・ 衛星による IoT 超カバレッジ	(7-18) 衛星による IoT 超カバレッジの実現	課題 6 (NTN) 課題 8 (端末・センサー)	<ul style="list-style-type: none"> ・ 国土面積カバー率 100% で IoT センサーからデータを収集するためには、山岳地帯・海洋などの情報通信の未開拓領域での通信環境構築が課題であり、衛星通信を活用する場合であっても地上局を整備する必要があることから、新たな敷設コストの合理化が難しいという課題の解決を目的とした、IoT センサーに具備された既存の携帯通信モジュール (4G/5G/B5G) の通信周波数を衛星で 	

				<p>直接收容し、衛星の地上局を敷設することなくカバレッジ拡張を実現する研究開発など</p>
・衛星通信のカスタマイズ化	(7-19)衛星通信のカスタマイズ化	課題6 (NTN)	<ul style="list-style-type: none"> カバレッジ拡張で期待される HAPS や衛星通信の領域において、一般事業者によるカスタマイズ可能な情報通信環境の構築を目的とした、超小型 LEO 衛星のペイロードに、打ち上げ後も新たな機能を柔軟に搭載することや、スライスにより計算機能をシェアすることで、衛星通信の仮想化・クラウド化を可能とする研究開発など 	
・IoT 機器向け時刻同期・測位	(7-20) IoT 機器向け時刻同期・測位のカバレッジ拡張	<p>課題8 (端末・センサー) 課題5 (無線) 課題6 (NTN) 課題10 (サービス・アプリ)</p>	<p>膨大な数のセンサーの測定データの「時刻」と「場所」の正確性を確保するため、「時刻同期」を利用してデータ発信のタイミングを大規模に最適化し無線周波数の効率的な利用するプロトコルが開発されつつあるが、屋外での GPS 利用や利用場所が限定的な WiFi 測位に限られることから、広範囲かつ屋内と屋外を問わず利用可能な時刻同期・測位技術の研究開発。開発する技術等は以下のとおり。</p> <ul style="list-style-type: none"> IoT 向け時刻同期・測位システムとして、周波数資源を有効活用した測位システムを構築し、広域で屋内外で時刻同期・測位可能なシステムの研究開発 同期の課題を解決し、単一の基地局からの遠距離の通信を可能とすることで、カバレッジを拡張する研究開発 <p>など</p>	
・データ連携基盤技術	(7-21) レジリエント・オープンデータ連携基盤構築	<p>課題2 (オープン) 課題4 (オーケストラ) 課題10 (サービス・アプリ) 課題3 (装置・デバイス)</p>	<p>B5G のモバイルエッジコンピューティング (MEC) を経由して B5G コアネットワークと各地各種のエリアネットワークや LGWAN/霞が関 WAN 等/JGN/地域 BWA 等の既存ネットワークとが相互に接続される環境の上で、デジタル庁が推進するデータ連携プラットフォームと地域サービス拠点間 (公共施設、学校、病院、ホテル等) とで相互に安定的に適切なデータが流通され、デジタルトランスフォーメーション (DX) や Society5.0 の実現に資する多様な地域サービスの提供を可能とするレジリエントでオープンな E2E データ連携基盤を研究開発。</p> <ul style="list-style-type: none"> B5G モバイルエッジコンピューティング (MEC) に分散型エッジ機能がインテグレーションされたレジリエントデータ連携プラットフォームに関する研究開発 自治体、消防、警察、学校や病院等が求めている DX に寄与する情報通信サービス基盤を地域 (広域連携含む) 単位で整備/構築することを可能とするオープンデータ連携プラットフォームの研究開発 スマホベースで提供される情報共有アプリを通じて、嗜好性/位置/時間等の属性情報を考慮し、かつ人/人、人/AI、AI/AI が有機的に連携して XR や GIS 等の技術を使って様々な情報を発信/共有することを可能とするサービス/データ/ネットワーク間連携技術に関する研究開発 現実世界の物理空間に存在するデバイスや計算資源 (デバイスエッジ) を用いて、物理位置に基づき細分化されたサイバースペース (フローティングサイバースペース) を実空間の「近く」に構築し、サイバースペース同士が連携・協調することで一つの大きなサイバースペースを構築することを目的とした、分散デバイスエッジによるフローティングサイバースペース基盤の実現に関する研究開発 ソフトウェア、ハードウェア双方のセキュリティに関するあらゆる技術のデータベース化・共有等のあり方や標準化、分野横断で安全にデータを連携するための環境の構築に関する研究開発 港湾等の社会基盤施設への情報通信技術適用に向けた社会実装のための研究研究 <p>など</p>	

	<p>・ワイヤレス電力伝送</p>	<p>(7-22) ワイヤレス電力伝送の高周波化および高周波通信との融合技術</p>	<p>課題10(サービス・アプリ)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ 高効率・低干渉な高周波ワイヤレス電力伝送を実現する送電アンテナ技術および受電レクテナ技術の研究開発 ・ ビームフォーミングによるターゲット捕捉や認証システム確立のためのワイヤレス電力伝送と通信の連携に関する研究開発 ・ 既存通信電波の電力利用を目指したワイヤレス電力伝送システムの研究開発 ・ 高品質な高周波通信と高効率なワイヤレス電力伝送を両立する融合システムに関する研究開発など
--	-------------------	--	-----------------------	--

以上