

令和 3 年度重要技術管理体制強化事業
(5G6G 通信分野に係る技術基盤等の動向調査)

調査報告書

令和 4 年 3 月 11 日
株式会社 サイバー創研

目次

第1章 調査概要	4
第1節 調査目的	4
第2節 調査の範囲	4
第3節 調査結果とその分析の概要	5
(1) 5G/6G 通信の特徴	5
(2) 5G 通信システムを構築する機器	6
(3) 5G 通信システム機器ベンダとシェアについて	7
(4) 5G 通信関連技術力	7
(5) オープン化戦略	8
(6) システムインテグレーション事業	9
(7) 5G/6G 要素技術に関わる人材不足の懸念	9
第2章 5G 通信製品の主要プレイヤーと核心技術	10
第1節 5G 通信向け製品の全体像（特に、基地局等の機器に着目した構成品・部品の整理）	10
1. 全体像	10
2. 5G 通信技術の概要	12
(1) 高速・大容量技術：5G NR(New Radio)と Massive MIMO/ビームフォーミング	13
(2) 同時多数接続技術：NOMA（非直交多元接続:Non-Orthogonal Multiple Access）	14
(3) 低遅延技術とモバイル・エッジ・コンピューティング	14
(4) Open RAN（O-RAN）と仮想化 RAN（vRAN）	15
(5) ネットワークスライシング技術	16
(6) 5G ネットワークへの移行技術：NSA と SA	17
第2節 5G 通信システム構成品のグローバル市場（国別・主要製品別企業シェア等）の動向	18
1. グローバル市場動向と主要プレイヤー	18
2. 標準化活動を行っている主要プレイヤー	28
第3節 5G 通信主要プレイヤーと開発拠点の整理（想定：日本、米国、欧州、中国、及び韓国）	30
第4節 5G 通信の製品・技術の業界相関図（協力関係および競合関係含む）	30
第5節 5G 通信でキーとなる装置・部品・素材の核心技術の分析・整理（偏在性・ chokeポイントの分析含む）	33
1. オープン RAN（O-RAN）	33
2. 仮想 RAN（vRAN）	34
3. vRAN 関連の主要ベンダ、製品等の整理・分析	34
第3章 5G 通信の技術動向	36
第1節 5G 製品及び技術開発の動向	36
第2節 5G 要素技術及び技術開発の動向、当該技術の重要性・競争優位性の分析評価	38

1. 学会・企業広報等による核心技術として注目する技術の分類・整理	38
2. 注目する技術の研究開発状況、技術所有者等の詳細について分類・整理	42
(1) GPU と DPU を組み合わせた DU 向け汎用アクセラレータ (NVIDIA)	42
(2) ミリ波 MIMO を処理する DU 用 High-PHY アクセラレータ (クアルコム)	43
(3) RU の仮想化を推進する RU 用アクセラレータ (ザイリンクス)	43
第 3 節 日本の 5G 向け核心技術とその保有者について、そのレベルを海外と比較して 評価	45
1. 5G O-RAN Massive MIMO 無線機	45
2. 5G 向けミリ波フェーズドアレイ無線機	45
3. 5G 基地局向け 28GHz 帯超多素子アンテナ・RF モジュール	46
4. システム・オン・チップの無線基地局プラットフォーム	46
5. 高周波向け電子部品	46
6. 5G 用低損失基板に向けた高強度異種材料接合技術	47
第 4 節 5G 通信向けの特許出願動向、特許訴訟、特に注目する市場支配技術や必須・ 周辺特許	49
1. 5G 通信向けの核心技術を含む技術区分の特許出願動向（注目する市場支配技術や 必須・周辺特許）	49
(1) 特許出願件数が多い技術区分	49
2. 無線通信技術の特許訴訟	53
(1) 特許訴訟の流れ（概要）	53
第 4 章 6G 通信（P5G 及び B5G を含む）向けの研究開発動向	56
第 1 節 6G 通信システムの構成要素、重要な要素技術の抽出整理、技術俯瞰表作成	56
1. 6G 技術俯瞰表	56
第 2 節 6G 通信向け研究開発の動向、主要な要素技術に着目した重要性・競争優位性 の分析	59
1. 企業広報等による、核心技術として注目する技術の分類・整理	59
2. 注目する技術の研究開発状況、技術所有者の詳細について分類・整理	60
(1) 偏波 MIMO 対応ミリ波フェーズドアレイ無線機	60
(2) 原子時計のチップ化技術	61
(3) テラヘルツ波無線通信用シリコン CMOS 集積回路	61
(4) 宇宙用光通信技術	61
(5) 窒化ガリウム基板の量産化技術	62
3. 6G ホワイトペーパー（WP）による核心技術として注目する技術の分類・整理	62
第 3 節 日本の 6G 向け核心技術とその保有者について、そのレベルを海外と比較して 評価	65
1. テラヘルツ通信技術	65
2. 衛星光通信技術	66
第 4 節 特に注目すべき核心技術保有者の整理（キーとなる装置・部品・素材の予測分 析）	68
1. アンテナアレイ（テラヘルツ）の核心技術保有者の整理	68
第 5 節 6G 通信システム向け要素技術の特許出願動向、規格化に影響する特許の分析	71

1. 6G に資するテラヘルツ通信と特許出願動向	71
2. 6G に資する衛星統合通信と特許出願動向	72
3. 6G に資する全光通信と特許出願動向	73
4. 6G に資する量子暗号・通信と特許出願動向	74
5. 6G に資する時空間同期と特許出願動向	75
6. 6G に資するエッジコンピューティングと特許出願動向	77
7. 6G に資する AR/VR と特許出願動向	78
7. 6G に資する AI 技術と特許出願動向	79
第 5 章 5G 通信及び 6G 通信向け政策動向	82
第 1 節 各国の通信インフラ政策、産業振興・研究開発促進政策、及び輸出管理政策等	82
1. 各国の周波数割り当て政策	82
2. ローカル 5G 政策	84
第 2 節 日本の産業振興・研究開発支援政策の状況との比較	95
1. 日本の産業振興・研究開発支援政策	95
2. 日本及び諸外国の産業振興・研究開発支援政策	97
第 6 章 調査結果のまとめ	103
第 1 節 経済安全保障観点も含めた政策的対応の可能性に着目した調査・分析結果	103
1. 5G 通信とキーとなる市場、供給体制等における対応政策	103
2. 核心技術の国内保有者育成の政策	105
第 2 節 6G 通信に向けて想定される市場構造の変化や主要プレイヤーの移行についての 分析と予測	106
1. 6G 市場に向けての変化要因と核心技術の候補	106
2. 5G6G 技術と標準化	110
3. 5G 市場/6G 市場の共通点と相違点、及び主要プレイヤーの戦略等	110
[参考資料]	114
1. 過去の特許所掌の流れ	114
(1) 特許訴訟の流れ (2000 年代)	114
(2) 特許訴訟の流れ (2010 年代前半)	116
(3) 特許訴訟の流れ (2010 年代後半)	120
(4) 特許訴訟の流れ (2020 年代)	129

第1章 調査概要

第1節 調査目的

近年、安全保障分野のすそ野は経済・技術分野に急速に拡大し、また、感染症の世界的拡大による、サプライチェーンの特定国への依存という脆弱性がもたらすリスクが浮き彫りになるなど、経済安全保障の重要性がこれまで以上に高まっている。

そうした中で、外国為替及び外国貿易法の運用に影響を与え得る重要技術及び新興技術等のうち、政府提唱未来社会「Society 5.0」実現に必要な次世代移動通信システム分野について、技術動向、市場競争環境、及び主要プレイヤーに関する情報に基づいて、インフラ構築や産業基盤に不可欠な重要要素技術を抽出・整理すると共に、当該重要技術に関する国内外の研究開発動向、政策動向、市場構造、及び、サプライチェーンと産業基盤の実態を把握することにより、外国為替及び外国貿易法の運用の強化と執行体制の整備に役立つ基礎資料を得ることを目的とする。

第2節 調査の範囲

5G/6G 通信分野に係る技術分類図を図1-1に示す。同図では、5G/6G ネットワークとその応用分野を、上から「応用システム」、「ネットワークサービス」、「機器」、「部品・材料」、の4階層で表現されるようにモデル化した。

応用システムレベルは、5G/6G 通信のユースケースであり、自動運転やロボット制御など多種多様な通信応用技術と連携して利用されるもので、まさに「Society5.0」を体現する分野である。

ネットワークサービスレベルは、主にネットワークキャリアが提供するサービスで、5G/6G 通信が持つ「超高速」「大容量・多数接続」「超低遅延」といった特性を実現している。

機器レベルはそれらを実現するもので、コアネットワークや無線アクセスネットワーク（RAN）を構成するサーバや機器、エッジ機器・端末、等から構成される。

部品・材料レベルについては、機器を構成する要素であり、マイクロプロセッサや高周波用化合物半導体等、アンテナ等の高周波部品が含まれる。

本調査では、前述の目的に沿って、調査範囲を「5G/6G 通信技術に直接的に関わるネットワークサービスを実現するためのインフラ機器ならびに部品・材料の階層に係る技術」とし、応用分野やネットワークサービス、エッジ機器は調査対象外とした。

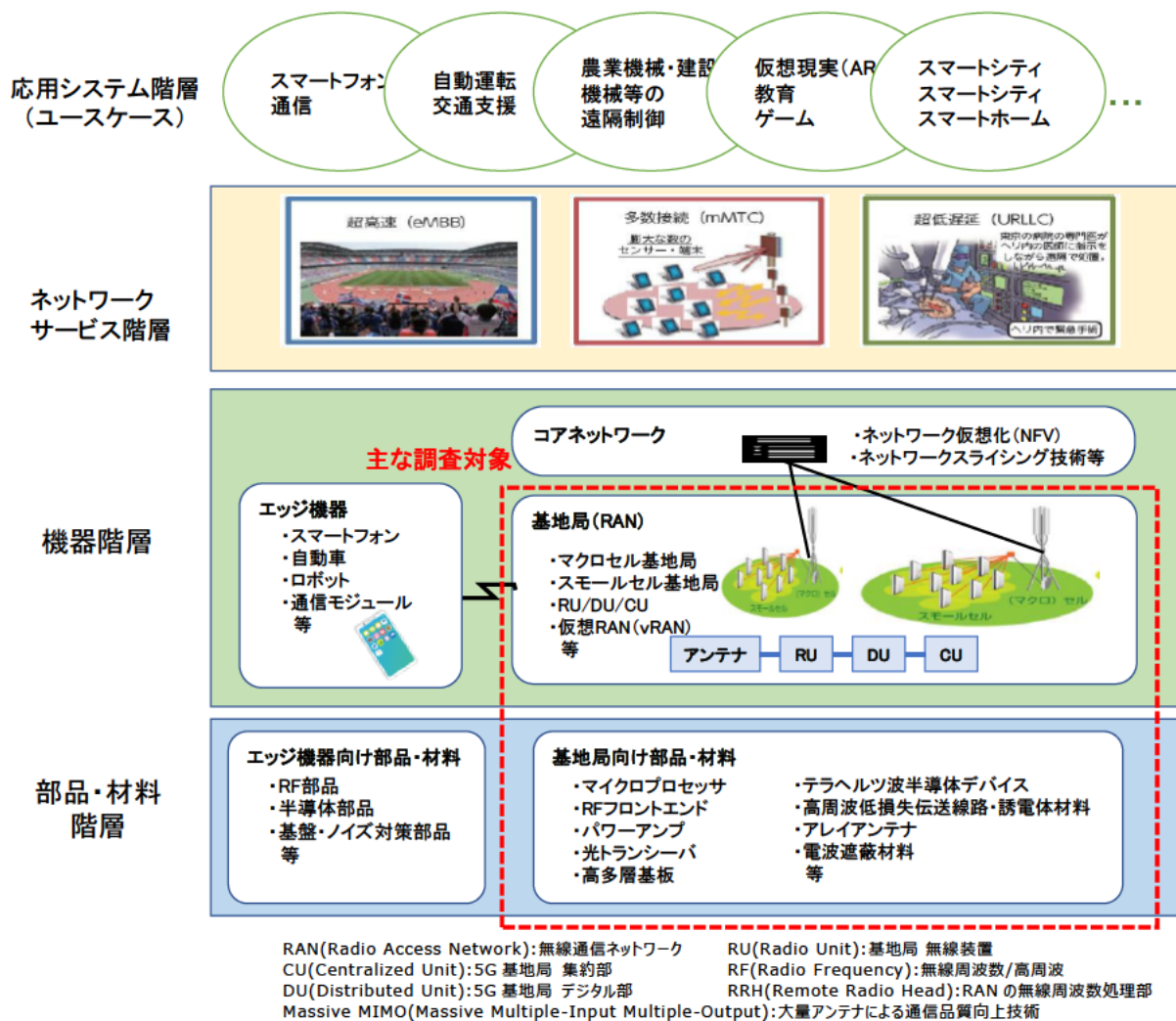


図 1- 1 「5G/6G 通信分野に係る技術基盤等の動向調査」の技術分類図

第 3 節 調査結果とその分析の概要

調査結果とその分析の概要として、特に有識者意見交換会における有識者ご意見で取り上げられた内容を中心にして、注目すべきトピックスの要点を記載する。

(1) 5G/6G 通信の特徴

5G 通信では、「より高く広帯域な周波数帯の活用¹⁾」「massiveMIMO (mMIMO) 技術等の変復調・無線多重化技術²⁾」「Short TTI や Fast HACK 等の高速データリンク技術³⁾」といった「通信技術」の進歩により「超高速」「大容量・多数接続」「超低遅延」といった、これまでの移動通信システムでは実現できなかった機能や性能が実現された。

さらに 6G においては、「ミリ波やテラヘルツ波等のより高い周波数帯の開拓⁴⁾」「成層圏プラットフォーム (HAPS) や低軌道衛星通信システムとの融合等の非地上通信技

¹⁾ 第 2 章 第 1 節 2. 「5G 技術の概要」の(1)の NR

²⁾ 第 2 章 第 1 節 2. 「5G 技術の概要」の(1)の Massive MIMO、同(2)

³⁾ 第 2 章 第 1 節 2. 「5G 技術の概要」の(3)

⁴⁾ 第 4 章 第 1 節 1. 表 4-1、 2. (1)、(3)等、

術¹⁾」「時空間同期技術²⁾」等の技術の導入により、5G で実現された機能や性能のより一層の高度化を図ろうとしている。

(2) 5G 通信システムを構築する機器

5G 通信システムは、従来の移動通信システムと同様に、「電波を直接送受信するための、アンテナ等を含む高周波アナログ信号処理機能 (RU: Radio Unit)」「高周波部で得られた信号を復調して受信データを取り出したり、送信データで電波を変調して送信信号を作り出す信号処理機能 (DU: Distributed Unit)」「端末移動やコネクションにかかわる管理等を行う機能 (CU: Centralized Unit)」と、制御信号やユーザデータをデータベース間やユーザ間でやりとりする「コアネットワーク (CN)」により構成されている³⁾。ちなみに、4G までは、DU と CU をあわせて BBU: Base Band Unit と称しており、それらが統合されていたが、5G になって細分化された機能ごとのブロックに定義しなおされた。また、RU、DU、CU の機能をまとめて RAN: Radio Access Network (無線アクセス網) と称されている。

① 通信技術と実装技術

前項で述べた massive MIMO のような変復調・無線多重化技術等の通信技術は、この RU、DU、CU 等の製品に実装されて、前項で述べた通信機能を果たすことになる。ここで、これらの機器を構築するにあたり、極めて重要なのが実装技術である。

従来変復調や無線の多重化等の機能は、専用 LSI として実現され、RU や BBU に実装されていた。ところが、近年のマイクロプロセッサやソフトウェア技術の進展にしたがい、これらの機器の多くの部分が、汎用のマイクロプロセッサとソフトウェアで実現されるようになってきた。すなわち、5G 時代になり、基地局の DU や CU の機能が大幅にソフトウェア化された。またそれと同時に、コアネットワークや CU、DU 内の細かな機能ごとに細分化され、そのインタフェースを含めて再定義された⁴⁾。これらの動きを端的に表すのが vRAN: Virtual Radio Access Network⁵⁾であり、ORAN: Open Radio Network⁶⁾である。5G インフラ実現において、通信技術においても大きな進歩が印されたが、それ以上に実装技術において革命的な変革が起きている点が極めて重要である。

② オープン化

vRAN 化、すなわち無線アクセス網 (RAN) の仮想化により、DU や CU が汎用コンピュータ化し、その上に実装される通信技術はソフトウェアによる実装がなされるようになってきた。このソフトウェア化において機能ブロック毎にインタフェースを明確に定義するとともに、異なったベンダ間でそのインタフェースを統一することで、異なったベンダで作られた機能ブロックを適宜組み合わせることで全体のネットワークを構築できるようにしようとするオープン化が促進された。これが 5G の実装技術における動向として、O-RAN と呼ばれるオープン化を VRAN という仮想化技術が促進しているという関係を示している。すなわち、業界として O-RAN 化がうまく行われれば、移動無線ネットワークの構築に際して、これまでは必要とする機能 A、機能 B、機能 C すべての機能を、

¹⁾ 第4章 第1節 1. 表4-1、 2. (4)等、

²⁾ 第4章 第1節 1. 表4-1、 2. (2)等、

³⁾ 第2章 第1節 (2)、図2-2、等

⁴⁾ 第2章 第1節 (1)、等

⁵⁾ 第2章 第1節 (4)、図2-5

⁶⁾ 第2章 第1節 (4)

例えばベンダ E 社といった単一のベンダ製品で統一しなくては実現できなかったのが、オペレータの要求条件や価格に応じて適切な複数ベンダの機器の組み合わせで実現できることになる。これにより例えば機能 A はベンダ H 社、機能 B はベンダ N 社、機能 C はベンダ E 社といった組み合わせが可能になる。

(3) 5G 通信システム機器ベンダとシェアについて

ここで現在の主な 5G システム機器ベンダとその市場シェアをみると、30%を Huawei、27%を Ericsson、22%を Nokia が占めている。その一方で、日本のベンダのシェアは NEC の 0.8%、富士通の 0.7%と双方合わせても 2%に満たない状況である¹。現在の日本の存在感は極めて低いといわざるを得ない。この理由として、

- ① 国内市場だけでは開発コストを吸収できない。中国市場は国内市場の 10 倍以上である¹¹。
- ② 国内機器ベンダは、リスクのある海外市場を開拓してこなかった²。
- ③ その一方で国内オペレータの調達では内外無差別に最適なベンダを選定している³。といった指摘がある。

以上の状況において、我が国が 5G/6G の主要プレイヤーになるためには、それなりの戦略が必要になる。

(4) 5G 通信関連技術力

国内ベンダの事業規模が極めて小さく、国際競争力が不足するなか、その強化にあたり、国内ベンダの強み、特に強化すべき技術の競争力を明確化する必要がある。

5G インフラ、5G ネットワーク機器を実現・構築し、事業化するためには様々な要素技術の獲得が必要となる。それらについて前述した「機器」、「部品・材料」のうち「機器」について俯瞰する。なお、強化すべき技術の調査にあたっては、文献等による調査をしたうえで、国内の主要オペレータ、ベンダ、アカデミア、国研の有識者へのヒアリングを通じて進めた。

① 通信技術と標準化について

機器の実現・構築で必要となるのは、部品・材料レベルの技術を除くと、前述したように massiveMIMO 等の「通信技術」と「実装技術」になる。このうち通信技術は、標準化作業がなされる技術であり、3GPP 等の標準化会議でまとめ上げられ、公開される。また多くの場合には、それと同時に提案企業が特許を取得することになる。

3G 時代、必須標準化技術を独占し、それを梃に独占的な収益を上げた企業への批判があったことから、近年では、これらのライセンスは RAND (Reasonable and Non Discriminatory) 条件で公開されるようになった。よって、以前に比べて、標準化される技術に関する知的財産権の重要性は下がってはいるが、ベンダにとって非常に重要であることには変わりはない。

ちなみに、現在国内企業として国際標準化活動に積極的に参加しているのはほぼ NTT docomo のみと言っても良い状況である⁴。ただし、特許力により実際に他社と競合するのはベンダであり、オペレータがこれだけの特許を持っている例は世界的に見ても珍し

¹ 第 2 章 第 2 節 (2) 基地局市場

² 有識者意見交換会 (ソフトバンク様) 実施記録 (9 項目目)

³ 第 2 章 第 4 節

⁴ 第 3 章 第 4 節 図 3-3、4、5、6

い¹。すなわち、たとえ国別では特許力が一定のレベルにあったとしても、実際に機器を供給する国内ベンダの標準化活動ならびに特許活動力は事業体力的に極めて弱小といわざるを得ない。

② 実装技術と高周波技術

一方で 5G インフラ機器を実現・構築するための実装技術であるが、国内企業は GPU を含むマイクロプロセッサ等の主要部品も無く、またソフトウェア開発において特段に優れたものをもっているわけではない。特に、vRAN 等のように、インフラ機器がソフト化していった場合に、現在、それらにおいて特段強いものをもっているベンダは、国内にはいない。

その中で、国内主要ベンダ、アカデミア、国研へのヒアリングを通じて、ヒアリング先有識者各位が注目すべき技術として強調するのが、ミリ波も含む高周波・無線実装技術である²。これらの技術により RU が構築される。高周波技術、アナログ技術、アンテナ技術、等については、まだ国内ベンダの競争力は失われてはいない。さらに、アナログ CMOS 回路、RF-CMOS 回路、AD/DA 変換器等、5G/6G インフラ構築において、ソフトウェアでは対応できない高周波アナログ回路こそが諸外国が我が国の技術を必要とするようにできる鍵となる分野のひとつである。もちろん米国もここに投資をしているが、この分野こそが、集中的に強化する必要がある分野である、という多くの有識者の共通した意見があった。

また、主要部品材料においても、GaN 等の高周波用デバイスには、我が国ベンダには一日の長があり、それを発展展開してゆくべきだということについても共通の認識が示された。その一方で、米国には軍需という 1 次ユーザがあつて、その 1 次ユーザが高周波技術の先端的開発の母体になっている。日本国内における、それら 1 次ユーザの役割を政府機関等が務める必要性についての指摘も多々あった³。

(5) オープン化戦略

これまでの移動通信インフラ機器事業はシングルベンダが基本であった。すなわち、一つのオペレータには一つのベンダがすべての機器を納め、その維持整備を担当していた。これはインフラシステムを構成する RU、DU、CU 等のサブユニットの分離の仕方も、その間のインタフェースも非公開でベンダが独占すべき知的財産であったことによる。その結果、従来はそこで活躍できるベンダも先行していた Huawei、Ericsson、Nokia 等の主要ベンダに限られていた。

① RU を中心としたオープン化戦略

5G 市場では、O-RAN のような、複数のベンダから、自由にユニットを選択できるような動きがでてきた。これにより、従来の一部ベンダの独占的状况を打開できる可能性があると期待されている。我が国のベンダとしてもここに活路を見出そうとの動きがある⁴。例えば他社に真似のできない優れた RU をいち早く供給することで、世界中の RU 市場において一定のシェアを獲得することができる可能性がでてきた。NEC、富士通等の国内機器ベンダはまさに、この戦略を取ろうとしている。すなわち、自社の RU と他

¹ ibid

² 有識者意見交換会（アンリツ、楽天モバイル、NEC、東工大、NICT 等）実施記録

³ 有識者意見交換会（東工大、東大、NICT 等）実施記録

⁴ 有識者意見交換会（ほぼすべての実施先）実施記録のコメント

社の DU、CU とをセットにして基地局システム全体をオペレータに納入しようとするものである。すでに、その試みは始まっているが、前途に多くの障害も予想される。その障害の一つが、旧シングルベンダによる妨害である。従来独占的に事業をおこなってきたシングルベンダにとって、オープン化は阻止したい流れでもある。我が国の機器ベンダのグローバルな事業化のためには、多方面からの後押しが必要になっている。

② RAN に対応したベンチャーの出現と、その活用

DU、CU についても、オープン化の流れに乗ろうとするベンダがでてきた。汎用のプロセッサとソフトウェアにより、DU や CU を構築しようとするベンダである。多くが米国のベンチャーであるが、その中の一つである AltioStar 社が注目される。同社は楽天モバイルの傘下に入り、機器及びソフトウェアを供給している。上記した国内ベンダの RU の活用と、これらのベンチャー企業の製品をうまく活用して競争力のある 5G ネットワークシステムを実現・事業化することができれば、我が国の 5G インフラ機器産業の再興の大きな一助となりえる。そのためにも各階層のプレイヤーに対して様々な方面からの後押しが期待されている。

(6) システムインテグレーション事業

機器がオープン化して、マルチベンダ化が進むと、例えばどのベンダの RU 機能と、どのベンダの DU が接続可能で、それを組み合わせることでどのようなメリットを得られるか等の複数ベンダ機器接続のノウハウが必要になる。これがシステムインテグレーション力であり、今後のオープン化時代に必須の技術力である。

現在オペレータ各社ともマルチベンダ化をすすめており、ある程度のシステムインテグレーション能力を備えている。また、NEC や富士通等もシステムインテグレーション能力のポテンシャルはあると認識されている。ヒアリング先有識者の共通認識のひとつとして、「5G/6G 機器のためのシステムインテグレーション能力の強化と、それを活用した海外事業展開」が挙げられている。

0-RAN/vRAN に対応したシステムインテグレーション能力と、高周波関連技術の強化を車の両輪として進めるという 5G インフラ機器産業再興のための一つのシナリオがヒアリングを通じて得られた。

(7) 5G6G 要素技術に関わる人材不足の懸念

今回の調査を通じて、国内のオペレータ企業やベンダ企業、アカデミア、国研への有識者ヒアリングを行ったが、共通の認識として、国内の 5G6G 要素技術に関わる人材不足が指摘された。大学を卒業する有能な人材がどんどん海外ベンダ企業に取られてしまい、国内に残っているのは高齢化した古参技術者だけだ、と大学、研究機関、及びベンダ企業からも指摘されている。

楽天は、社内共通語を英語としているので、諸外国から比較的 5G 技術者を集め易く、この人材不足に対応しているとのことである。5G6G 分野における人的リソース不足の問題は、各社任せではなく、人材育成等へのより積極的な施策がもとめられる。

第2章 5G 通信製品の主要プレイヤーと核心技術

第1節 5G 通信向け製品の全体像（特に、基地局等の機器に着目した構成品・部品の整理）

1. 全体像

5G ネットワークの全体構成のイメージを、図 2- 1 に示す。

5G ネットワークは、従来のモバイルネットワークの構成と同様に、大きく 3 つの層で構成される。(1) コアネットワーク：無線アクセスネットワーク（RAN）間を繋ぎ 5G ネットワークとして機能させ、また既存のインターネットや LTE、固定電話網と接続させるゲートウェイやアクセスコントロールなどの製品、(2) 無線アクセスネットワーク（RAN）と端末機器：アンテナや基地局で構成される RAN 製品、及びスマートフォンや通信モジュールなどのエッジ機器製品、(3) RAN 機器やエッジ機器に利用される部品・材料から構成されている。それぞれの概要を以下に説明する。

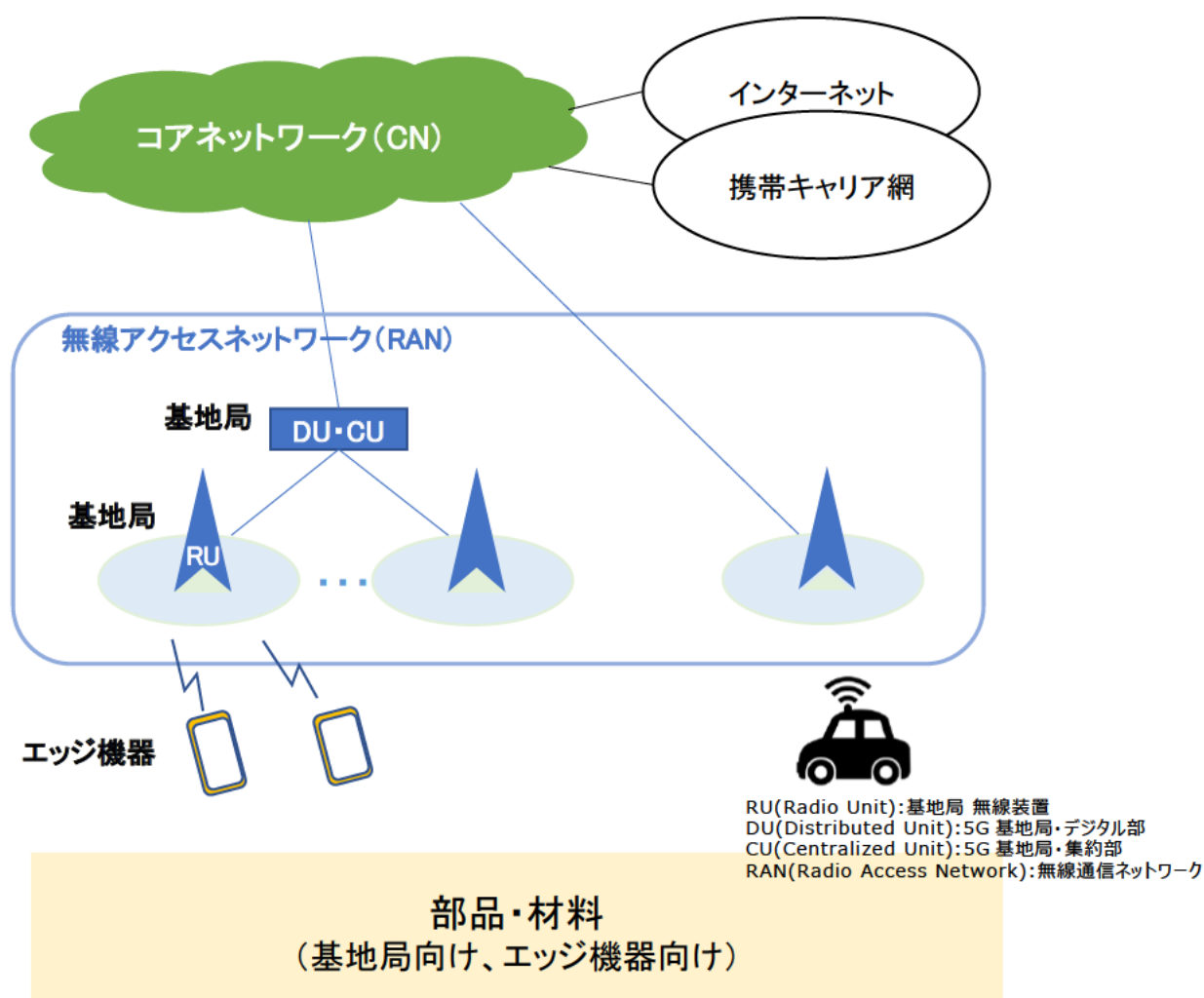


図 2- 1 5G ネットワークの全体構成のイメージ

(1) コアネットワーク

コアネットワークは、上述した通り、無線アクセスネットワーク（RAN）間、また 4G（LTE）ネットワークやインターネット等のネットワークとつなぐバックエンドのシステムで、端末の認証、端末の位置管理、ポリシー制御、パケット転送制御、通信経路の確立、データネットワークとの間でのやりとりなど、通話や通信に関連するさまざまな機能を持っている。

5G ネットワークサービスを実現するには、無線だけでなく、有線も含めたネットワーク全体のアーキテクチャが重要になる。5G モバイルネットワークアーキテクチャの検討では、①ネットワークソフトウェア化（Network Softwarization）、②モバイルフロントホール・バックホール技術（MFH & MBH）、③モバイルエッジコンピューティング（MEC）の活用技術、及び④制御管理技術（Management and Orchestration）に重点を置いて、研究開発が進められている。特に、①ネットワークソフトウェア化は、汎用サーバーの性能やクラウド運用技術が向上してきたこと等を背景に、ネットワーク仮想化、スライシング技術の拡張などが注目されている。

(2) 無線アクセスネットワーク（RAN）

無線アクセスネットワーク（RAN）は、端末機器とコアネットワークを結ぶ役割を持つ。

5G では、伝送性能や低遅延などの高度な要件を満たすために 3GPP（標準化機関）によって見直しが行われ、3つのユニット、無線ユニット（RU：Radio Unit）、分散ユニット（DU：Distributed Unit）、及び集中ユニット（CU：Centralized Unit）で構成される。各ユニットの概要は後述する。

基地局を中心としたネットワーク構成と各装置に搭載される主要な技術を以下に示す。

基地局は、一般的には、RUのみを設備として持つ「子局」として設置されている。一方、「親局」は、DUおよびCUを備え、子局とは「フロントホール」と呼ばれるネットワークで接続される。親局と子局とはフロントホールに光ファイバを使えば数 km 離れていても遅延上は問題ないとされている。

RU/DU/CUの三つのブロックをどのように子局と親局に分割するかは、フロントホールの容量、遅延、消費電力などをファクターにいくつかの案が考えられ、上述の分割方法もあれば、RUとDU+CUとに分割する方法もある。

①無線ユニット（RU：Radio Unit）

RUは、送信ではデジタル信号をアナログ信号に変換しアンテナから送出、受信ではアンテナが受信したアナログ信号をデジタル信号に変換したのち、フロントホールを介してDUに送る。

RUの主な機能には、LOW PHY¹、AD/DA変換²、iFFT¹、アナログ/デジタルビームフォーミングなどがある。

¹ LOW PHY：最下層の物理層

² AD/DA変換：アナログデジタル/デジタルアナログ変換

アレイ型のパターンを持つ Massive MIMO アンテナを用いて、端末に対して指向性のある電波を送るビームフォーミング制御も RU が担う。一方で変復調処理などは RU ではなく DU で行う。

5G では、高周波を用いることから、直進性による遮蔽問題や、空気中のチリや水分による吸収問題で、子局のカバーエリアが狭く、4G の数倍から 10 倍以上の子局が必要と言われている。

結果的に、RU は延べ台数が多くなるとともに、多様な場所に設置されることになり、メンテナンスの容易さや耐環境性がより重要となる。例えば、高耐熱・高信頼性部品の採用、メカ部品（摩耗による寿命や耐環境性で問題が多いメカニカルな部品のこと）であるファンを用いない設計、処理性能を維持しながらも発熱を抑えるローパワー設計、基板や筐体の放熱設計、防水・防滴、リモートまたは RU 自身による診断機能や修復機能などが考えられる。

②分散ユニットと集中ユニット（DU:Distributed Unit、CU:Centralized Unit）

無線特有のハードウェアを必要とする機能を RU に集約することで、親局機能の DU+CU はソフトウェア処理による実現が可能となり、高性能な汎用ハードウェア上で動作させることを目指している。

これにより、マルチベンダ化や柔軟な機能拡張への対応が期待されている。

(3) 部品・材料

5G 基地局向けの主な部品としては、アンテナ、パワーアンプ等の高周波デバイス、プロセッサ、各ユニット間を接続するための光トランシーバ等で、主な材料には、高多層基板、高周波向けのコネクタ、ウェハ等がある。

エッジ機器向けの主な部品・材料としては、エッジ機器用のアンテナ、フィルタ等の無線部品、プロセッサ等の半導体部品、基板・ノイズ対策部品、及び配線盤などの材料から構成される。

2. 5G 通信技術の概要

5G 通信の主要な要求条件としては、高速・大容量：伝送速度 10Gbps 以上、低遅延：1 ミリ秒以下の遅延、多数同時接続：接続機器数 100 万台/k m²があげられている。

これらを実現するための 5G 通信の主要要素技術の全体像を示す。

5G 通信では、これまで移動通信に用いられていなかった準ミリ波からミリ波の高周波帯の利用とその対応技術、具体的には 100GHz までを対象とした技術開発が進められている。高周波数帯は、空間伝搬に伴う減衰が大きく、かつ、直進性が高いため、セル半径は小さくなり、建物、樹木、人等による遮蔽の影響が大きくなる傾向がある。5G の要素技術としては、これらのマイナスの要素を克服するため、多数のアンテナ素子を用いた無線伝送方法に大きな期待が集まっている。

¹ iFFT:inverse Fast Fourier Transformation:逆高速フーリエ変換

多数のアンテナ素子を用いることで、ビームフォーミングと呼ばれる技術により電波の送信を鋭いビーム状にして送信することが可能となる。4G 通信でも、高速化・大容量化を図る MIMO 技術が適用されているが、5G 通信に向けては Massive-MIMO と呼ばれる超多素子アンテナを利用して、更なる高速・大容量化が図られている。

また、5G モバイルネットワークの実現に向けて、無線だけではなく有線も含めたネットワーク全体の技術開発の重要性が各国で指摘され検討が進められている。特にネットワークソフトウェア化 (Network Softwarization) は、仮想化やオープン化など、ソフトウェア・ハードウェアの構成を柔軟に選択する制御技術などが含まれ、重要な要素技術となっている。

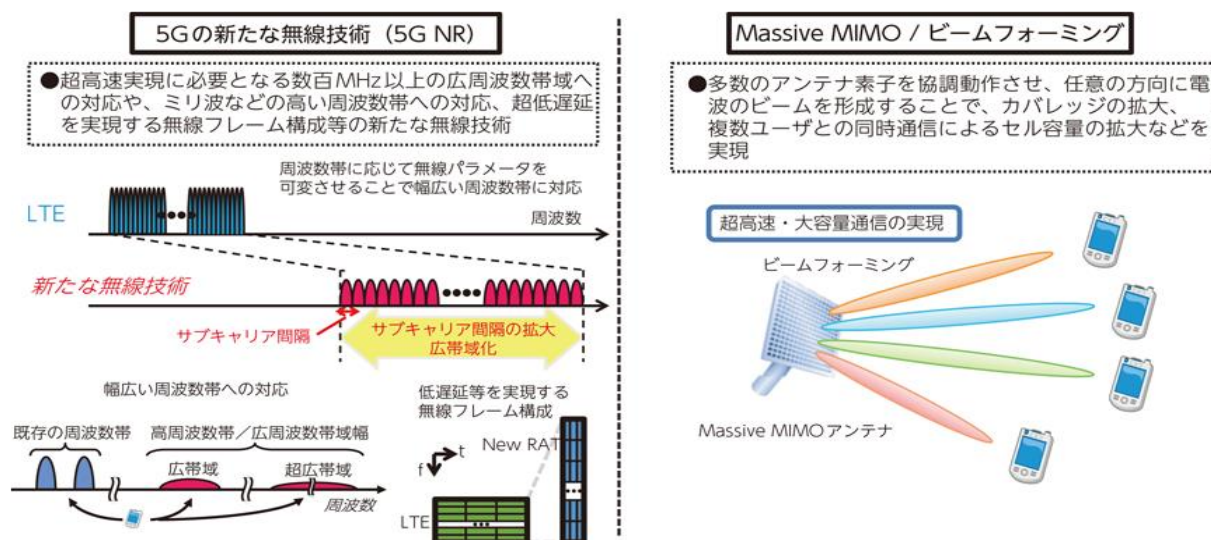
以下に、5G 通信製品を実現するための主要技術の概要を示す。

5G 通信製品を実現するための主要技術について、その概要を以下に示す。

(1) 高速・大容量技術：5G NR(New Radio)と Massive MIMO/ビームフォーミング

5G 通信の「超高速」を実現するためには、数百 MHz 以上の広い周波数帯域を確保する必要がある。高速大容量通信に必要となる数百 MHz 以上の広周波数帯域やミリ波などの高い周波数帯への対応を可能とするため、図 2- 2 左側に示すように、3GPP において、New Radio (NR) と呼ばれる無線アクセス技術が標準化された。

一方、使用する周波数帯が高くなるほど、電波の直進性が増し、障害物がある場合には後方に回り込めなくなるほか、電波が届く範囲が狭くなる欠点がある。このため、アンテナ素子を数十～数百の単位でアンテナに並べ、個々の素子から出力される電波を細かく制御することにより、通信相手のいる場所で電波が最大となるよう指向性をもたせたビーム (ビームフォーミング) を端末に向けて発射する Massive MIMO が用いられている (下図右側)。これらの技術は、無線アクセスネットワーク (RAN)、特に無線ユニット (RU) に適用される。



(出典) 総務省 令和 2 年情報通信白書
5G NR(New Radio) : 5G 移動通信システム用の新無線アクセス技術
Massive MIMO(Massive Multiple-Input Multiple-Output): 大量アンテナによる通信品質向上技術

図 2- 2 超高速通信を実現する 5G NR と Massive MIMO

なお、5G 通信ネットワークの中では、端末と基地局とを結ぶアクセスネットワークは無線で構成されているが、基地局から先のコアネットワークは、その大半が有線によって構成されている。5G によって 4G 以上の超高速通信を実現するためには、より高速の光伝送技術、RoF (Radio-over-Fiber) 、オール光化などの技術も重要になる。

(2) 同時多数接続技術：NOMA (非直交多元接続:Non-Orthogonal Multiple Access)

同じ周波数 (キャリア) を用いて、送信できる端末機器を増やすため、同じ周波数のパワーレベルを複数に分割する。これらは、RAN、特に RU と端末間に関する技術であり、こうすることで分割した数だけ同時接続数が増加する。

なお、NOMA を用いた場合、同時多数通信できるメリットがある一方で、受信時に信号を個々に区別する技術が必要となる。その技術として、SIC (Successive Interference Cancellation : 逐次干渉除去法) が用いられている。

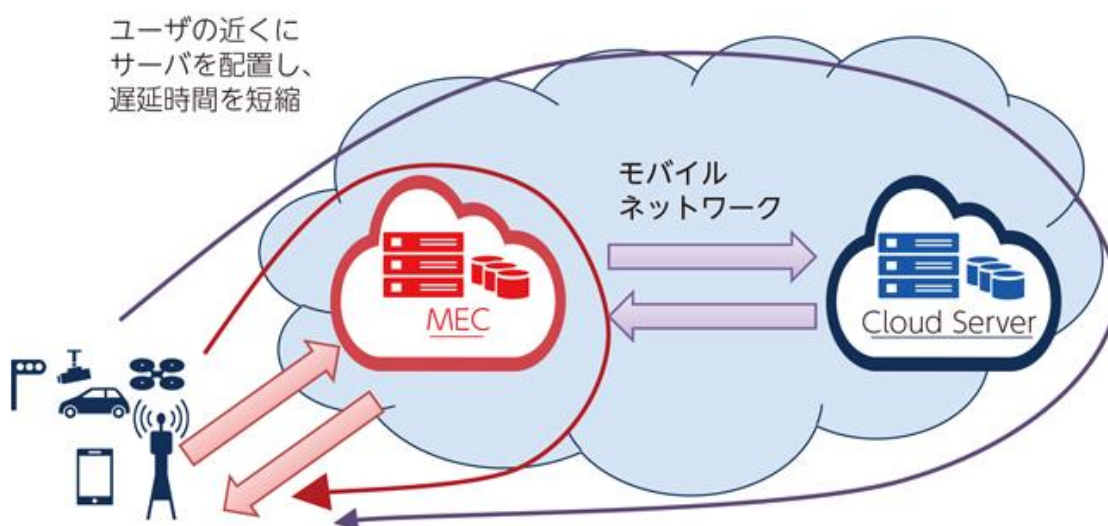
(3) 低遅延技術とモバイル・エッジ・コンピューティング

超低遅延通信を実現するため、5G NR では、「Short TTI」とよばれるデータの送信間隔を短縮する技術とともに、「Fast HARQ-ACK」とよばれるデータが正常に受信できたかどうかを端末から基地局に高速でフィードバックする技術が採用されている。

また、5G NR の超低遅延通信をサポートする技術として、データ処理をクラウドなどのインターネット上のサーバで行うのではなく、基地局の近くに設置するサーバ (エッジサーバ) で処理することで、迅速な応答が可能となる技術がモバイル・エッジ・コンピューティングである。

【現在】遅延大
(ネットワーク側のクラウドで処理)

【5G】低遅延
(ユーザ近くでデータ処理)

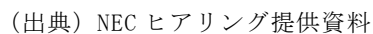


(出典) 総務省資料

図 2- 3 モバイル・エッジ・コンピューティング (MEC)

本技術は、RAN の構成に関する技術である。(2)で述べたように、5G での基地局は、CU、DU、RU の 3 機能に分割される。各機能間のインタフェース仕様を相互接続可能なレベルまで詳細化することでオープン化し、各機能のマルチベンダ化を可能にした無線アクセスネットワークを Open-RAN (O-RAN) と呼ぶ。O-RAN に必要なインタフェース仕様は、O-RAN Alliance で作成された規定が、デファクト標準として利用されている。

なお、O-RAN Alliance における Technical Working Groups を図 2- 4 に示す。



他方、4G 時代にはネットワーク仮想化（NFV：Network Functions Virtualization）技術がコアネットワーク領域に導入されたが、5G ネットワークではこれが無線アクセスネットワーク領域にまで拡張され、仮想化 RAN（vRAN）と呼ばれている。

15

vRAN とは、従来専用ハードウェア上で一体として実現されていた機能を、共通の汎用ハードウェア上に搭載したソフトウェアで基地局機能を仮想化することで実現する。これにより、5G ネットワークとして要求される条件（Service Level Agreement）に応じて、CU や DU などのコンポーネントを最適に配置でき、ハードウェアコストの低減と柔軟性が実現できる。

(5) ネットワークスライシング技術

5G 通信では、「超高速」、「多数同時接続」、「超低遅延」が特徴のひとつであり、いずれの条件にも対応可能な優れた柔軟性を持つネットワークが必要となる。

5G 通信では、例えば、IoT のようにデータ量は小さいが、接続数は膨大になるネットワークと高臨場感通信のようにデータ量が大きいネットワークが混在してくるが、相互の影響をなくすため、それぞれを独立の仮想ネットワークとする技術である。

ネットワーク層を仮想的に独立の層とするネットワークスライシング技術は、コアネットワークや無線アクセスネットワーク（RAN）に導入される。

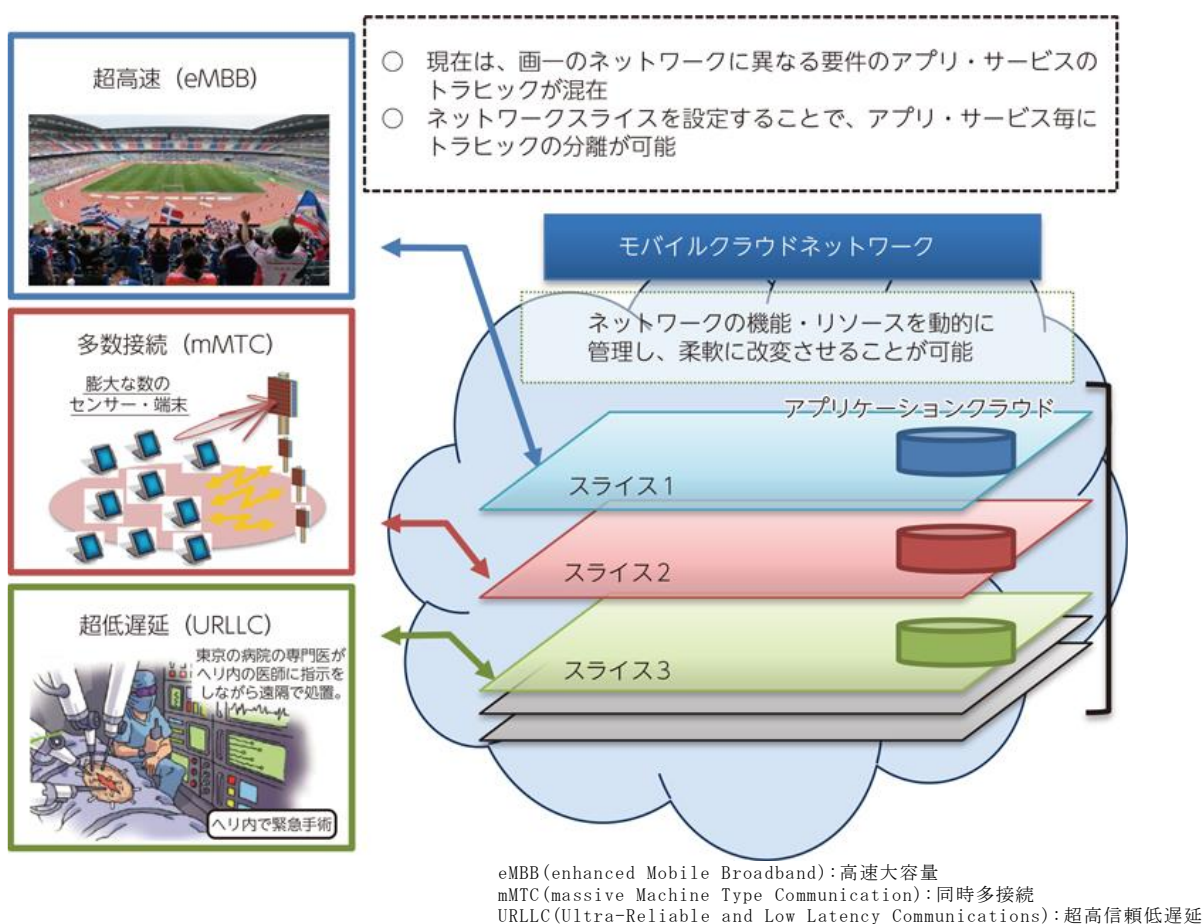


図 2- 5 ネットワークスライシングの概要

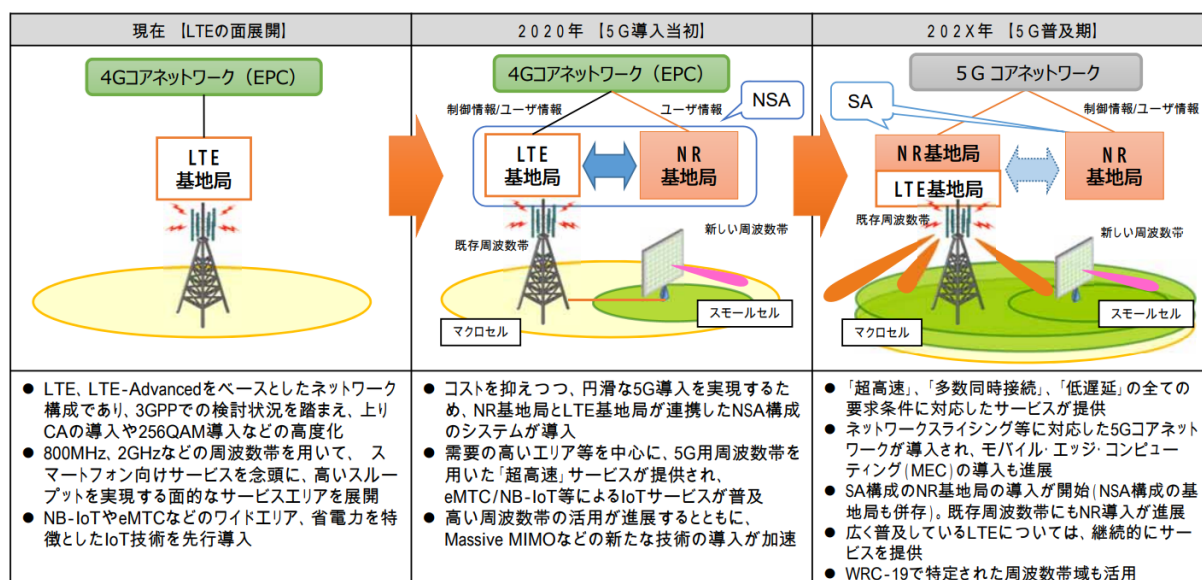
(6) 5G ネットワークへの移行技術：NSA と SA

本技術は、RAN（基地局）とコアネットワークに関するものである。

既存の 4G から 5G に置き換えようとした場合、5G の RAN は高周波数帯を使用するためカバレッジが狭く、より膨大な量の基地局を設置する必要が生じ、5G のエリア拡大には時間を要することが見込まれている。

このため、5G の導入当初は、部分的に新たな無線技術を導入した基地局（NR 基地局）を設置するとともに、既存の LTE 基地局の高度化を行い、両者が連携して一体的に動作するネットワーク構成となる。この構成を NSA（Non Stand Alone）構成と呼ぶ。事業者にとっては設備投資の効率化を図ることができるメリットがあるほか、利用者にとっても、既存の LTE 基地局との連携により、4G—5G 間のシームレスな接続が確保される。

これらの移行形態を経て、図 2- 6 に示すように、無線アクセスネットワークとコアネットワーク全てが 5G 機器で構成される形態（SA）になる。



(出典) 新世代モバイル通信システム委員会報告 概要資料

3GPP(3rd Generation Partnership Project): 第三世代(3G)携帯電話システム標準化プロジェクト
 EMTC(enhanced Machine Type Communication): eMTC、無線通信技術 LPWA の一通信規格
 EPC(Evolved Packet Core): 3GPP で規定された IP ベースのコアネットワーク
 LTE(Long Term Evolution): 高速化と低遅延、多接続の 3 点に重きを置いて生まれた通信規格
 Massive MIMO(Massive Multiple-Input Multiple-Output): 大量アンテナによる通信品質向上技術
 MEC(Multi-access Edge Computing): マルチ・アクセス・エッジ・コンピューティング
 NB-IoT(Narrow Band-IoT): LTE 方式の中でも IoT 機器向けの規格
 NR(New Radio): 3GPP 仕様の新無線アクセス技術
 NSA(Non Stand Alone): 非単独型(4G/LTE 基地局から拡張)
 SA(Stand Alone): 単独型(4G/LTE 基地局に頼らない)

図 2- 6 5G ネットワークへの移行

第2節 5G 通信システム構成品のグローバル市場（国別・主要製品別企業シェア等）の動向

1. グローバル市場動向と主要プレイヤー

グローバル市場の動向と主要プレイヤーについて、5G ネットワークサービス市場、基地局市場とエッジ機器市場、部品・材料市場別に以下に示す。

(1) 5G ネットワークサービス市場

①市場動向

ネットワークサービス市場として、まず、世界の移動体通信サービス契約数の推移を図2-7に示す。アジア太平洋、欧州その他の契約数が多く、今後も緩やかに成長していくと見込まれている。

次に5G ネットワーク回線の普及予測を、図2-8に示す。業界団体GSMAによれば、世界における2025年時点の5G回線比率は、モバイル回線全体の20%を占めるにとどまると予測している。地域別にみると、北米や中国・台湾、欧州では30%を超える高い普及率を示すものの、その他の地域では、一桁から10%台にとどまるものと予測されている。

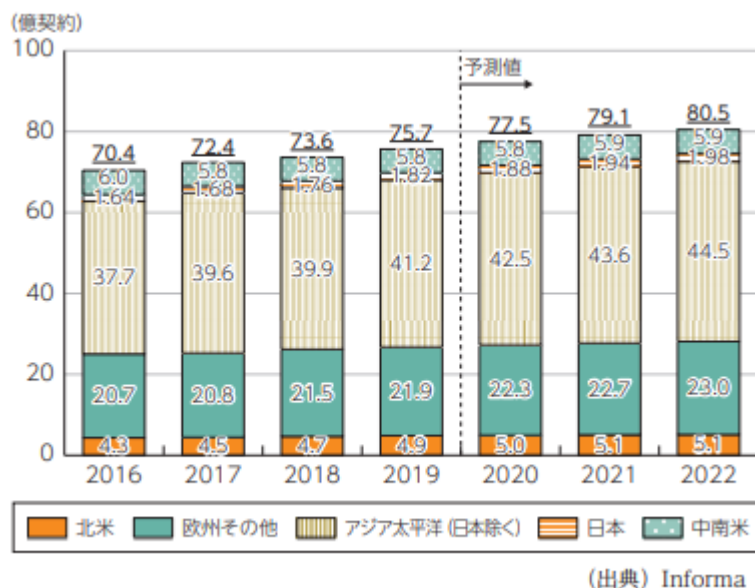


図2-7 世界の移動体通信サービス契約数の推移及び予測¹

¹ (出典)総務省 令和2年度情報通信白書

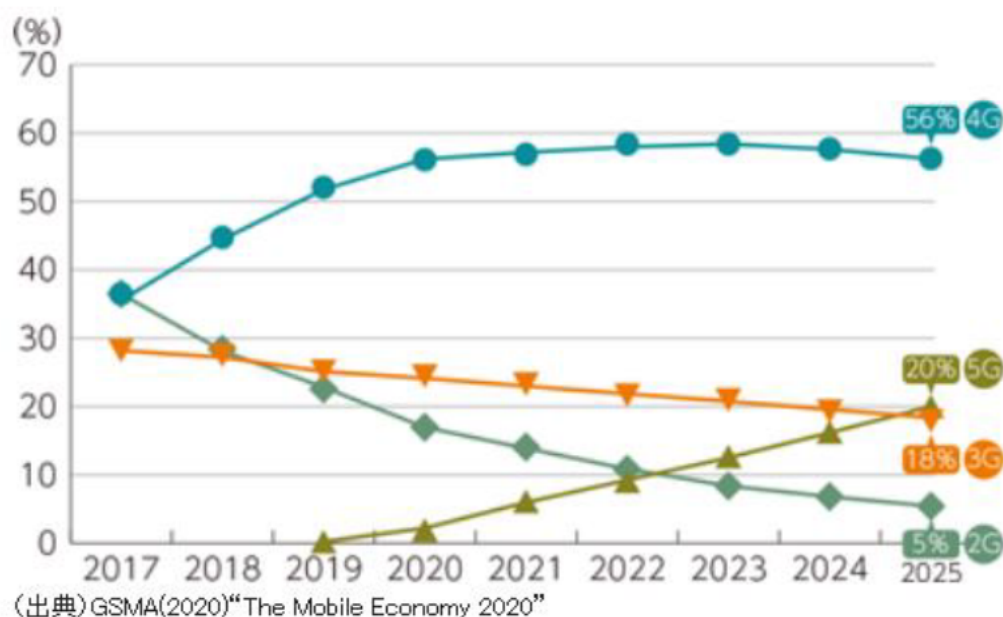


図 2- 8 モバイル回線全体に占める 5G 回線比率の予測¹

②主要プレイヤー

各国の主な動向及び主要キャリアを次表に示す。

表 2- 1 各国の 5G 通信サービスの動向と主要キャリア

	主な動向	主要キャリア
日本	日本市場は 5G 通信に利用できる新しい周波数帯として Sub6 では各キャリア 3.7GHz 帯を割当て。ミリ波も各キャリアが帯域を有している。各キャリアとしては、5G 通信のカバーエリア拡大が課題。	NTT ドコモ、 KDDI、 ソフトバンク、 楽天モバイル
米国	ミリ波対応スマホ向けの 5G サービスを 2019 年 4 月に開始。各社ともに 5G 通信の SA ネットワーク構築に積極的で、2020 年 8 月には全米を対象とした SA ネットワークを用いた 5G 通信サービスを開始	AT&T T-Mobile Verizon Communications Sprint
欧州	ドイツ、スペイン、英国では主要キャリアが 2020 年末までに 5G 通信サービスを開始。ミリ波を用いたサービスは、周波数割り当てが不透明な国が多く、まだ先となる見通し	BT/EE Deutsche Telekom Telefonica/TelefonicaUK Vodafone Group
中国	主要 4 キャリアで 5G 通信サービスが出そろった。ミリ波に関してはまだ免許の交付などは行われていないが、北京オリパラに向けて 2021 年後半から投資	China Mobile China Broadcast Networks China Telecom China Unicom
韓国	主要 3 キャリアが 2019 年 4 月に世界で初めて 5G 通信サービス開始。5G サービスの加入者数は人口の 10%を超えている。ミリ波帯は 2020 年末時点で商用サービスは開始されていない。	SK telecom KT LG Uplus

(出典) 富士キメラ総研「5G 通信を実現するコアテクノロジーの将来展望 2021」を元にサイバー創研が作成

¹ (出典) 総務省 令和 2 年度情報通信白書

(2) 基地局（RAN）市場

① 市場動向

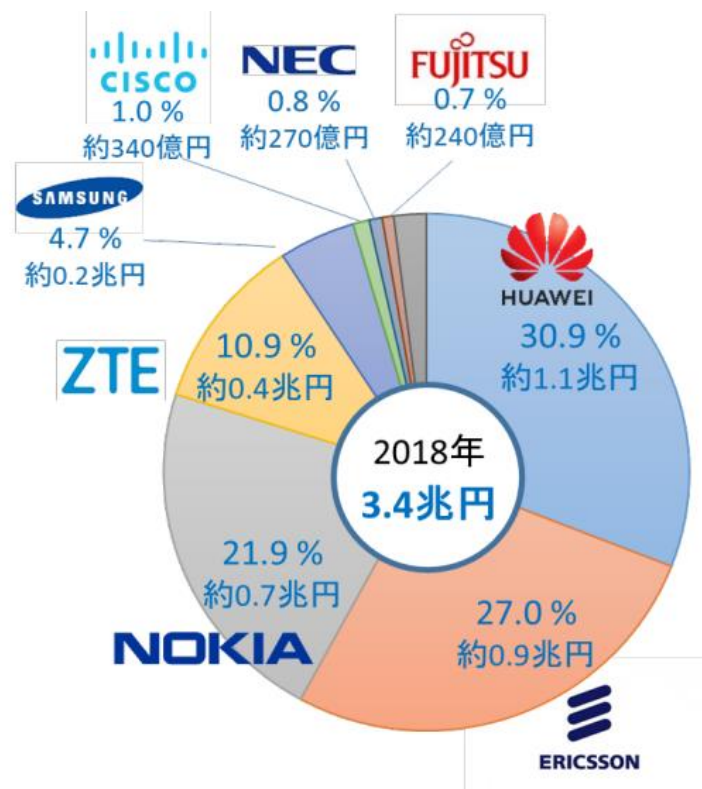
D-RAN¹マクロセル基地局の 5G 通信向け市場は、C-RAN²基地局を導入できない新興国中心で、緩やかに拡大する見込み。D-RAN スモールセル基地局市場は、C-RAN 基地局の採用が中心になっていくことから、縮小すると予測されている。

一方、C-RAN 基地局は、基地局収容スペースの減少やネットワーク効率化の観点から出荷台数は拡大している。2023 年以降は先行する中国市場などの投資が一段落することから市場はピークアウトしていくとみられている。

5G 通信対応基地局の主要国別の生産数量において、各国とも増加傾向だが、特に中国では C-RAN 基地局を中心に世界最大規模の投資計画を推進している。

5G 通信対応基地局の局数に関するメーカシェアの推移において、5G 通信対応基地局製品の主要プレイヤーは、ファーウェイ（中国）、エリクソン（スウェーデン）、ノキア（フィンランド）で、2021 年の予測では各々、約 30%、27%、22%で、3 社で約 80%を占める。

また、別調査による 2018 年の世界の移動通信インフラ機器市場規模を図 2- 9 に示す。日本電気、富士通のシェアは合計で 1.5%に過ぎず、世界の中で日系ベンダの存在感は極めて薄い状況となっており、その傾向は続いている。



（出典）経済産業省 商務情報政策局「ポスト 5G 情報通信システム基盤強化研究開発事業について」2021. 5

図 2- 9 世界の移動通信インフラ機器市場

¹ D-RAN とは、RU と CU・DU を一体化した基地局

² C-RAN とは、RU と CU・DU を分離し、複数の RU を集約するタイプの基地局

②主要プレイヤー

5G 通信対応基地局の主要プレイヤーについて、製品別に次表示す。

表 2- 2 5G 通信対応基地局の主要プレイヤー

	主要プレイヤー
D-RANマクロセル基地局 5G通信対応製品	ファーウェイ(中)、エリクソン(欧)、ノキア(欧)、ZTE(中)、サムスン電子(韓)、 日本電気、富士通等
D-RANスモールセル基地局 5G通信対応製品	エリクソン(欧)、ノキア(欧)、サムスン電子、ファーウェイ、ZTE、 日本電気、富士通等
C-RAN基地局	ファーウェイ(中)、エリクソン(欧)、ノキア(欧)、Altistar Networks(米)、サムスン電子(韓)、ZTE(中)、 日本電気、富士通等

(出典) 富士キメラ総研「5G 通信を実現するコアテクノロジーの将来展望 2021」を元にサイバー創研が作成

ファーウェイは、中国市場向けに注力しており、D-RAN 基地局の比率を減らし、C-RAN 基地局の比率を高めている。エリクソン、ノキアは、ファーウェイへの世界的な貿易規制によって、市場シェアを上げたとみられている。

日本企業では、日本電気、富士通が挙げられている。日本電気は、楽天モバイル、Altistar Networks と提携し、仮想化基地局のハードウェアを提供している。

なお、2021 年 8 月に、楽天グループが Altistar Networks を完全子会社化すると報道されている。

(3)エッジ機器市場

①市場動向

4G を含むスマートフォン全体の市場は、2020 年は、COVID-19 感染拡大の影響により、大幅な縮小となり、暫くは緩やかな拡大傾向で推移するとみられている。5G 通信対応のスマートフォン製品は、LTE 機器と遜色ない価格帯となり、急速に拡大していくとみられている。

スマートフォン以外のエッジ機器、CPE（顧客構内設備）、スマートグラス、自動車、農業機械・建設機械、通信モジュール等については、5G 製品は 4G（LTE）製品と比べてかなり高価になることから、当面は LTE 製品が主体となるが、将来的には 5G 製品にシフトすると見られている。

②主要プレイヤー

ファーウェイは、米中貿易摩擦の影響を大きく受けてチップセットの調達に大幅に生産台数が減少した。5G 対応製品については、アップル等を始め増加するとみられている。

次に主なエッジ機器の主要プレイヤーを下表に示す。主要プレイヤーの左側はシェア上位の企業、右側はその次として調査レポートに記載されている企業である。市場規模の大きいスマートフォンの世界に占める日系企業のシェアは極めて低い状況となっているが、自動車、農業機械・建設機械では上位を占めている。

表 2- 3 エッジ機器の主要プレイヤー

	主要プレイヤー	
スマートフォン	サムスン電子、アップル、ファーウェイ、シャオミ、オッポ、ビボ、Honor Device	京セラ、シャープ、ソニーモバイルコミュニケーションズ、富士通コネクテッドテクノロジーズ、LG EL等
CPE(顧客構内設備)	ファーウェイ	NECプラットフォームズ、ソニーネットワークコミュニケーションズ、ヤマハ、サムスン電子、シャオミ、オッポ等
スマートグラス	セイコーエプソン、マイクロソフト、Real Wear、Magic Leap、Vuzix、Google、Nreal	ウエストユニティス、サン電子、Dynabook、テレパシージャパン、リコー、アマゾン、フェイスブック等
自動車	トヨタ自動車、日産自動車、本田技研工業、フォード、ゼネラルモーターズ、ヒュンダイモータ	BMW、ダイムラー、フォルクスワーゲン、China FAW Group、スズキ、マツダ、三菱自動車工業等
農業機械・建設機械	井関農機、クボタ、小松製作所、ヤンマーホールディングス	コベルコ建機、住友建機、三菱マヒンドラ農機、AGCO、Caterpillar、CLAAS Group、CNH Industry、Terex Corporation、Volvo Construction Equipment等
通信モジュール	Sierra Wireless、Telit Wireless Solutions	京セラ、セイコーソリューションズ、SIMCom Wireless Solutions、LG Innotek等

(出典) 富士キメラ総研「5G 通信を実現するコアテクノロジーの将来展望 2021」を元にサイバー創研が作成

(4) 基地局向け部品・材料市場

①市場動向

5G 通信対応の部品・材料市場は大きく増加する予測で、要素別には、5G 通信向け CU・DU・BBU 市場が部品・材料市場全体の過半数を占めている。

表 2- 4 基地局向け部品・材料市場の動向

	主な動向
基地局向けアンテナ	5G 通信投資の開始に伴い、マクロセル用アンテナを用いてカバーエリアの確保のため最優先になるとみられる
RU・RRH	C-RAN 基地局の増加により RU が増加する
CU・DU・BBU	仮想化技術 により汎用サーバが利用できるようになり、ハード、ソフト両面で オープン化 が進む。新たなソフトウェアベンダが参入すると考えられる
基地局向け RF フロントエンド	RF フロントエンドが多く搭載される MassiveMIMO アンテナの増加に伴い当該デバイスも増加する
基地局向け GaN パワーアンプ	Sub6 対応 のマクロセル基地局の増加に伴い、 GaN デバイス の採用率が高いため、市場が拡大する。
基地局向けプロセッサ	DU の仮想化が進展、及び DU の集約する RU が増加するに伴い、 性能向上 への需要が高まる。
モバイルフロントホール向け光トランシーバ	C-RAN 基地局の増加によりモバイルフロントホールが増え、光トランシーバ市場が拡大。MassiveMIMO アンテナの数量が増加し、 光トランシーバの高速化 が進とみられる。
基地局向け材料：低誘電対応銅張積層板（PPE系）	低誘電を実現する絶縁樹脂やガラスクロス、低粗度な銅箔の採用による 低誘電対応 が進む。
高多層基板	5G 通信対応に伴い、より低誘電 CCL の採用が広がり、 低損失材料 の採用が進む。
FPC コネクタ	高周波帯域では、コネクタ自体に電波が反射し伝送効率が低下するため、 低反射材料 の採用が進む
高周波同軸コネクタ	Sub6 の Massive MIMO アンテナ対応で、高周波同軸コネクタが増加するとみられている
高周波デバイス向け GaN ウェハ	GaN パワーアンプ市場拡大に伴い、本材料も増加。 ウェハの大口径化 が進み、低価格化も進む
透明アンテナ向け導電性フィルム	さらなる 屈曲性 が求められる。多少の屈曲に対応できる熱可塑性樹脂を利用することが多いが、Ag ナノワイヤフィルムなど代替製品の活用が検討されている。

C-RAN(Centralized Radio Access Network): 集中型無線アクセスネットワーク
 CU(Centralized Unit): 5G 基地局の集約部
 DU(Distributed Unit): 5G 基地局のデジタル部
 FPC(Flexible Printed Circuits): フレキシブルプリント配線基板
 Massive MIMO(Massive Multiple-Input Multiple-Output): 大量アンテナによる通信品質向上技術
 PPE(Poly Phenylene Ether): ポリフェニレンエーテル
 RF(Radio Frequency): 無線周波数/高周波
 RRH(Remote Radio Head): RAN の無線周波数の処理部
 RU(Radio Unit): 基地局 無線装置

(出典) 富士キメラ総研「5G 通信を実現するコアテクノロジーの将来展望 2021」を元にサイバー創研が作成

②主要プレイヤー

基地局向けの GaN パワーアンプでは住友電工デバイス・イノベーション、低誘電対応銅張積層版（PPE 系）はパナソニックがトップシェアを占めている。

基地局向け部品・材料市場での主要プレイヤーを次表に示す。基地局向け部品市場では、GaN パワーアンプで国内企業がトップシェアだが、その他は海外企業となっている。材料市場では、主要プレイヤーとして、多くの日本企業が挙げられている。

表 2- 5 基地局向け部品・材料市場での主要プレイヤー

		主要プレイヤー	
基地局向け部品	基地局向けアンテナ	ファーウェイ(中)、Comba Telecom (中)、Mobi antenna technogy(中)、コムスコープ(米)	電気興業、日本アンテナ、日本電業工作、エリクソン、KMW、Tongyu Communication等
	RRH・RU・RRH	ファーウェイ(中)、エリクソン(スウェーデン)、ノキア(フィンランド)	日本電気、富士通、サムスン電子、ZTE等
	CU・DU・BBU	ファーウェイ(中)、エリクソン(スウェーデン)、ノキア(フィンランド)	日本電気、富士通、サムスン電子、ZTE等
	基地局向けRFフロントエンド	ファーウェイ(中)、エリクソン(スウェーデン)、ノキア(フィンランド)、サムスン電子(韓)	日本電気、富士通、ZTE等
	基地局向けGaNパワーアンプ	住友電工デバイス・イノベーション、Cree(米)	三菱電機、東芝インフラシステムズ、Qorvo等
	基地局向けプロセッサ	インテル(米)、ノキア(フィンランド)、NVIDIA(米)、ザイリンクス ^{*2} (米)	AMD、エリクソン、Marvell Technology、サムスン電子等
	モバイルフロントホール向け光トランシーバ	HG Genuine(中)、InnoLight(中)、OE Solutions(韓)、Accelink(中)、Hisense(中)	住友電気工業、CIG、Eoptolink、II-VI、Lightron等
基地局向け材料	低誘電対応銅張積層板(PPE系)	パナソニック、TUC(台)、Doosan(韓)、Elite Material(台)	昭和電工マテリアルズ、利昌工業、AGC Nelco等
	低誘電対応銅張積層板(フッ素系)	Rogers(米)、AGC Taconic ^{*1}	Shengyi Technology、Ventec等
	高多層基板	TTM Technologies(米)、Shennan Circuits(中)、ISU Petasys(韓)、WUS Printed Circuit(台)、京セラ、富士通インターコネクトテクノロジーズ	OKIプリントエレクトロニクス、昭和電工マテリアルズ、山本製作所等
	FPC(Flexible printed circuits)コネクタ	イリゾ電子工業、Samtec(米)	
	高周波同軸コネクタ	ヒロセ電機、Amphenol(米)、TE Connectivity(スイス)	スタック電子、第一電子工業、日本航空電子工業、CommScope等
	高周波デバイス向けGaNウエハ	II-VI(米)、Cree(米)	San' an Integrated Circuit、SICC等
	透明アンテナ向け導電性フィルム	AGC、大日本印刷、凸版印刷、日本電業工作	電気興業、Cambrios Film Solutions、TPK Film Solutions等

*1: AGCがTaconic(米)の一部を買収2019.2

*2: AMDがザイリンクス買収提案(2020.10)し、現在承認審査中

(出典) 富士キメラ総研「5G 通信を実現するコアテクノロジーの将来展望 2021」を元にサイバー創研が作成

BBU(Base Band Unit):RAN の無線周波数以外の処理部 PPE(Poly Phenylene Ether):ポリフェニレンエーテル
 CU(Centralized Unit):5G 基地局の集約部 RF(Radio Frequency):無線周波数/高周波
 DU(Distributed Unit):5G 基地局のデジタル部 RRH(Remote Radio Head):RAN の無線周波数の処理部
 FPC(Flexible Printed Circuits):フレキシブルプリント配線基板 RU(Radio Unit):基地局 無線装置

(5) エッジ機器向け部品・材料市場

① 市場動向

スマートフォン用のアンテナは、5G 通信対応に伴い、搭載数が増加し、市場が拡大している。ミリ波通信では伝送損失を低減するためアンテナインパッケージの採用が必須になるとみられている。フィルタデバイス、パワーアンプ等も堅調に伸びる見込みである。ベースバンドプロセッサは、5G 通信など通信機能をつかさどる半導体デバイスで、5G 通信対応製品の伸びに沿って拡大するとみられている。アプリケーションプロセッサは 5G 通信とは直接リンクしないが、処理するデータ量の拡大により成長している。

② 主要プレイヤー

エッジ機器向け部品・材料市場での主要プレイヤーを次表に示す。日本企業では、村田製作所がフィルタデバイス、LCP-FPC（フレキシブルプリント配線板）、LCP-FCCL（フレキシブル銅張積層版）の世界市場でトップシェアを占めている。また、メイコー、トーキン、タツタ電線、トーヨーケム等の企業が基盤・ノイズ対策部品の分野でシェアの上位を占めている。

表 2- 6 エッジ機器向け部品・材料市場での主要プレイヤー

		主要プレイヤー	
RF(高周波)デバイス	MID (Molded Interconnect Device) アンテナ	Partron (韓)、Speed Wireless Technology (中)、Sunway Communication (中)、Amphenol (米)	村田製作所、Kaird Technologies、Ace Technologies等
	AiP(アンテナインパッケージ)	クアルコム (米)、アップル (米)、Media Tek (台)	Amkor Technology、ASE、ファースウェイ、Powertech Technology、SEMCO、STATS ChipPAC等
	フィルターデバイス	村田製作所、RF360 ^{*1} (米)、WiSol (韓)、Skyworks Filter Solutions ^{*2} (米)、Broadcom (米)	京セラ、太陽誘電モバイルテクノロジー、TDK、Maxsecond Microelectronics等
	パワーアンプ	Skyworks Solutions (米)、Qorvo (米)、RF360 (米)、HiSilicon (中)	村田製作所、Broadcom等
	RFモジュール	Skyworks Solutions (米)、村田製作所、Qorvo (米)	RF360、Broadcom、San'an Integrated Circuit等
半導体デバイス	ベースバンドプロセッサ	クアルコム (米)、サムスン電子 (韓)	HiSilicon、アップル、Broadcom等
	アプリケーションプロセッサ	クアルコム (米)、Media Tek (台)、アップル (米)、サムスン電子 (韓)、HiSilicon (中)	Leadcore Technology、UNISOC Communications等
基盤・ノイズ対策部品	ビルドアッププリント配線板	Unimicron (台)、Compeq (台)、メイコー、AT&S (オーストリア)、Tripod Technology (台)、Zhen Ding Technology (台)	日本シイエムケイ、京セラ、キョウデン、イビデン、Compeq、Nanya PCB、SEMCO等
	LCP-FPC (液晶ポリマーフレキシブルプリント配線板)	村田製作所、Zhen Ding Technology (台)、DSBJ (中)	住友電気工業、日本メクトロン、フジクラ、山一電機、山下マテリアル、Career Technology等
	MPI-FPC (変性ポリイミドフレキシブルプリント配線板)	Zhen Ding Technology (台)、FLEXium Interconnect (台)、DSBJ (中)、SI-Flex (韓)	住友電気工業、日本メクトロン、フジクラ、Bhflex、Career Technology等
	LCP-FCCL (液晶ポリマーフレキシブル銅張積層版)	村田製作所、Azotech (台)、パナソニック	クラレ、Shenbyi Technology、Taiflex等
	MPI-FCCL (変性ポリイミドフレキシブル銅張積層板)	デュポン (米)、NexFlex (韓)、Doosan (韓)	有沢製作所、日鉄ケミカル & マテリアル、宇部エクシモ、パナソニック、Innox、ThinFlex、Azotec等
	ノイズ抑制シート	トーキン、3M (米)、Chang Sung (韓)、TDK、北川工業	旭化成、新日本電波吸収体、星和電気、タキロンシーアイ、竹内工業、タケチ、マクセル、森宮電機、リケン等
	FPC向け電磁波シールドフィルム	タツタ電線、トーヨーケム	Fragbang Electronics、Zhengye Technology、InkTec等

*1:RF360はクアルコムとTDK合併会社だが、2019年にクアルコムが全株取得(5G部品)

*2:パナソニックとスカイワークスの合併会社だが、2016年にスカイワークスが全株取得

(出典) 富士キメラ総研「5G 通信を実現するコアテクノロジーの将来展望 2021」を元にサイバー創研が作成

まとめとして、5G 通信システム構成部品全体の主要プレイヤーを、国・地域別に一覧にしたものを次表に示す。全体での国別のシェア上位の企業数は、米国、日本、中国の順となっている。

表 2- 7 主要国・地域別の主要プレイヤー一覧

		日本	米国	欧州	中国	韓国	台湾
キャリア		ドコモ KDDI ソフトバンク 楽天モバイル	AT&T ベライゾン Tモバイル スプリント	ドイツテレコム ボーダフォン テレフォニカ ブリティッシュテレコム	チャイナモバイル チャイナテレコム チャイナユニコム チャイナブロードキャ ストネットワーク	SKテレコム KT LGユープラス	
機器提 供者	基地局	日本電気 富士通	Altistar Networks	エリクソン ノキア	ファーウェイ ZTE	サムスン電子	
	エッジ機器(ス マートフォン)		アップル		ファーウェイ、シャオ ミ、オッポ、ピボ	サムスン電子 LG EL	
基地局 向け 部品・材 料	基地局向けアンテナ		コムスコープ		ファーウェイ、Comba Telecom、Mobi antenna technoigy		
	基地局向けRFフロン トエンド			エリクソン、ノキア	ファーウェイ	サムスン電子	
	基地局向けGaInP ワアンプ	住友電工デバイス・ イノベーション	Cree				
	基地局向けプロセッ サ		インテル、NVIDIA、 Xilinx	ノキア			
	モバイルフロントホー ル向け光トランシー バ				HQ Genuine、 InnoLight、Accelink、 Hisense	OE Solutions	
	低誘電対応銅張積 層板(PPE系)	パナソニック				Doosan	TUC、Elite Material
	低誘電対応銅張積 層板(フッ素系)	AGC Taconic	Rogers				
	高多層基板	京セラ、富士通インター コネクトテクノロジーズ	TTM Technologies		Shennan Circuits	ISU Petasys	WUS Printed Circuit
	FPCコネクタ	イリソ電子工業	Samtec				
	高周波同軸コネクタ	ヒロセ電機	Amphenol	TE Connectivity(ス イス)			
	高周波デバイス向け GaInPウエハ		Cree、II-VI				
	透明アンテナ向け導 電性フィルム	AGC、大日本印刷、凸 版印刷、日本電業工作					
エッジ機 器向け 部品・材 料	MIDアンテナ		Amphenol		Speed Wireless Technology、Sunway Communication	Partron	
	AI-P		クアルコム、アップ ル				Media Tek
	フィルターデバイス	村田製作所	RF360、Skyworks Filter Solutions、 Broadcom			WiSol	
	パワーアンプ		Skyworks Solutions、 Qorvo、RF360		HiSilicon		
	RFモジュール	村田製作所	Skyworks Solutions、Qorvo				
	ベースバンドプロセッ サ		クアルコム			サムスン電子	
	アプリケーションプロ セッサ		クアルコム、アップ ル		HiSilicon	サムスン電子	Media Tek
	ビルドアッププリント 配線板	メイコー		AT&S(オーストリ ア)			Unimicon、Compeq、 Tripod Technology、 Zhen Ding Technology
	LCP-FPC	村田製作所			DSBJ		Zhen Ding Technology
	MPI-FPC				DSBJ	SI-Flex	Zhen Ding Technology、 FLEXium Interconnect
	LCP-FCCL	村田製作所、パナソ ニック					Azotech
	MPI-FCCL		デュボン			NexFlex、Doosan	
	ノイズ抑制シート	トーキン、TDK、北 川工業	3M			Chang Sung	
	FPC向け電磁波シール ドフィルム	タツタ電線、トーヨー ケム					
企業数		22	24	8	20	13	10

AiP(Antenna in Package): 半導体実装技術を使ったアンテナモジュール
 FPC(Flexible Printed Circuits): フレキシブルプリント配線基板
 LCP-FCCL(Liquid Crystal Polymer-Flexible Copper Clad Laminate): 液晶ポリマーベースのフレキシブル銅張積層板
 LCP-FPC(Liquid Crystal Polymer-Flexible Printed Circuits): 液晶ポリマーベースのフレキシブルプリント配線基板
 MID(Molded Interconnect Device): 線や電極が形成された樹脂成形品
 MPI-FCCL(Modified-PI-Flexible Copper Clad Laminate): 変性ポリイミドベースのフレキシブル銅張積層板
 MPI-FPC(Modified-PI-Flexible Printed Circuits): 変性ポリイミドベースのフレキシブルプリント配線基板
 PPE(Poly Phenylene Ether): ポリフェニレンエーテル
 RF(Radio Frequency): 無線周波数/高周波

(出典) 富士キメラ総研「5G 通信を実現するコアテクノロジーの将来展望 2021」を元にサイバー創研が作成

2. 標準化活動を行っている主要プレイヤー

5G-SEP (Standard-Essential Patent: 標準必須特許) 宣言を行っているプレイヤーを 5G 通信の主要プレイヤーと捉え、2021 年 3 月に各プレイヤーが ETSI (欧州電気通信標準化機構: European Telecommunications Standards Institute) に宣言したリストを基に、5G-SEP 宣言特許ファミリー件数を集計した。

5G-SEP 宣言特許ファミリー件数が 2 件以上の企業を 5G 通信の主要プレイヤーとし、また、開発拠点を国と捉えて集計を行った。集計結果を、次表に示す。

国別には、米国が最も多く 23 社となっている。次いで、日本と中国が 11 社と続いている。4 位以下は、韓国、台湾が 8 社、ドイツ、カナダが 4 社、フランスは 3 社、フィンランドは 2 社、スウェーデンは 2 社、オランダは 2 社、ルクセンブルグは 2 社、イタリアは 2 社、英国は 1 社、ケイマンは 1 社、となっている。

表 2- 8 5G-SEP 宣言企業（国籍別）

国籍	企業名		企業数
日本	NTTドコモ シャープ 日本電気 パナソニック ソニー 京セラ	富士通 三菱電機 IP Bridge 東芝 ルネサスエレクトロニクス	11社
米国	クアルコム インテル インターデジタル モトローラ アップル テキサスインスツルメンツ Sun Patent Trust マイクロソフト Convida Wireless IPRライセンスング アルファベット ゼネラルダイナミクス	フリースケール Unwired Planet マーベル アンドリュー オブティス ナショナルインスツルメンツ AT&T サン マイクロシステムズ Vringo TruePosition ヒューレットパッカード	23社
英国	ボーダフォン		1社
ケイマン	Zhigu Holdings		1社
フィンランド	ノキア	HMD Global	2社
イタリア	シズベル	テレコムイタリア	2社
ドイツ	フラウンホーファー研究機構 シーメンス	ドイツテレコム インフィニオン	4社
フランス	フランステレコム タレス	エアバス	3社
スウェーデン	エリクソン	コーディングテクノロジー	2社
オランダ	フィリップス	KPN	2社
ルクセンブルク	3G Licensing	Core Wireless	2社
中国	ファーウェイ ZTE 中国電信研究院 オッポモバイル 歩歩高電子 小米科技	レノボ 上海朗帛通信技術 展信通信 鴻穎創新 TCL集団	11社
韓国	LGエレクトロニクス サムスン電子 韓国電子通信研究院 コリアテレコム	Innovative Technology Lab WILUS パンテック SKテレコム	8社
カナダ	ブラックベリー シエラ ワイヤレス	VoiceAge Conversant	4社
台湾	メディアテック 宏達国際電子 華碩電腦 イノベティブソニック	台湾工業技術研究院 エイサー 資訊工業策進會 明基電通	8社
計			84社

SEP(Standard Essential Patent):標準必須特許

第3節 5G 通信主要プレイヤーと開発拠点の整理（想定：日本、米国、欧州、中国、及び韓国）

無線アクセスネットワーク（RAN）関連の主要なプレイヤーについて、各社のレポート等から主な生産拠点、開発拠点を整理し、次表に示す。

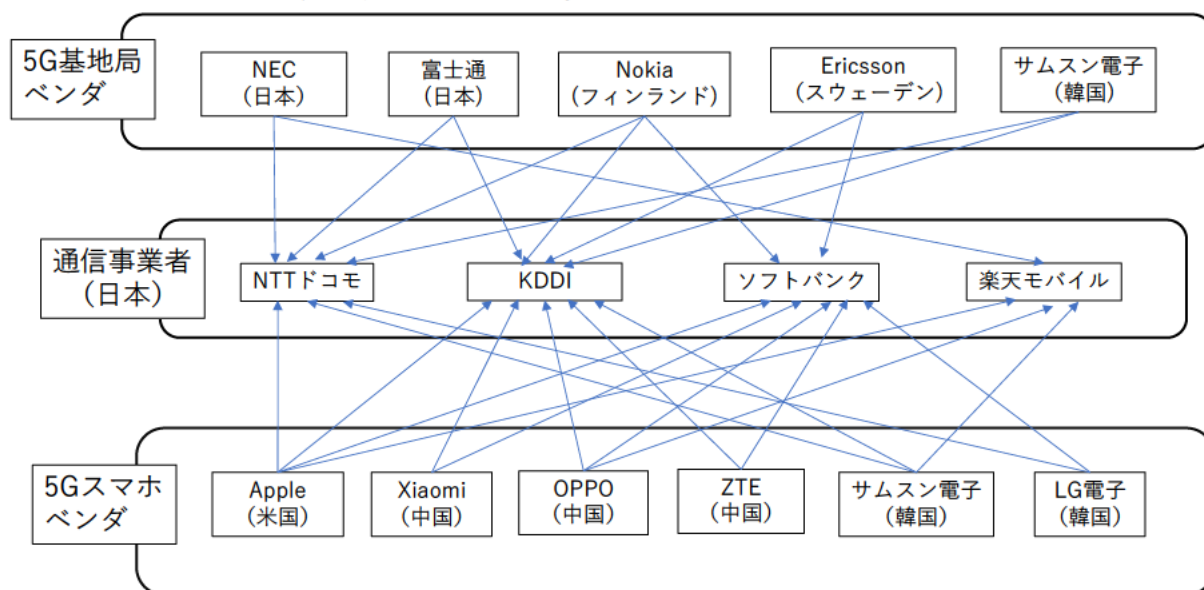
表 2- 9 主要基地局プレイヤーの主な拠点

主要プレイヤー	本社	主な生産・開発拠点	その他
エリクソン	スウェーデン・ストックホルム	エストニア、中国、ブラジル等。2020年に米国テキサス州に5Gスマートファクトリ。図参照。	オランダアイントホーフェンに5G開発拠点
ファーウェイ	中国・広東省深圳市	中国松山湖キャンパス等世界15か所。2017年時の5G研究開発拠点は図参照	
ノキア	フィンランド・エスボ	フィンランド・オウル、中国	
サムスン電子	韓国・京畿道水原市	韓国、インド、ベトナム	

第4節 5G 通信の製品・技術の業界相関図（協力関係および競合関係含む）

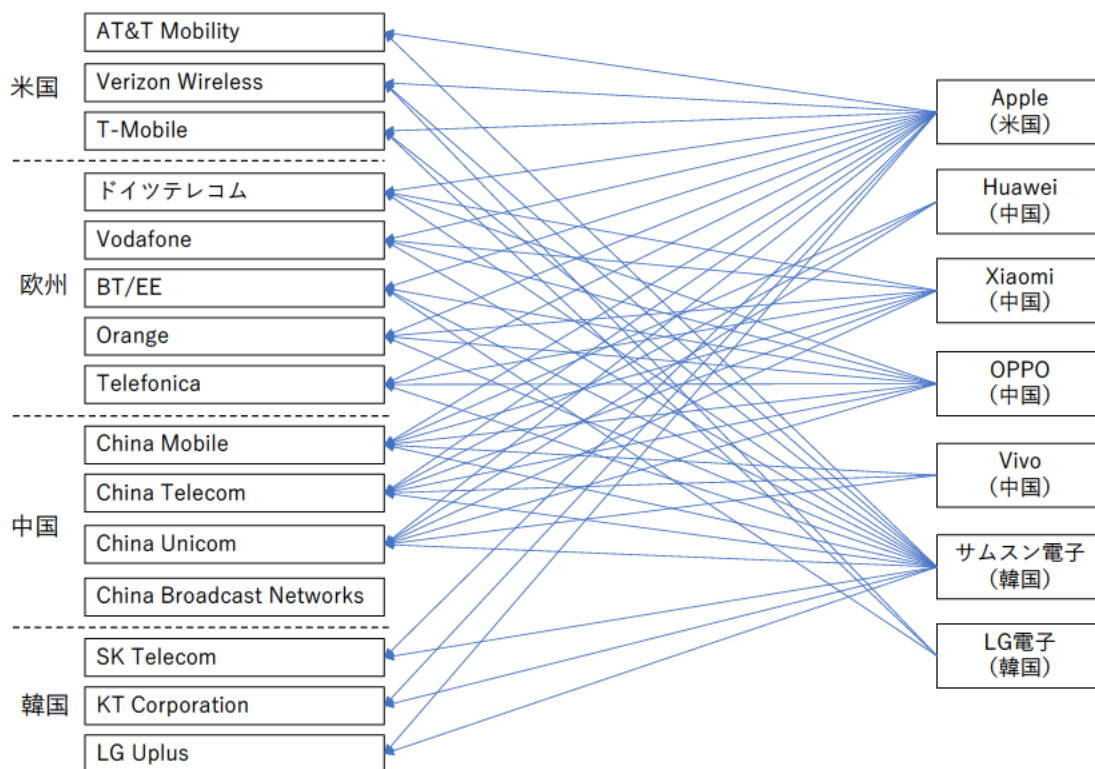
図 2- 10 に、各社の HP、ニュースリリース等の情報を基に、日本のキャリアと 5G 基地局ベンダ、及び 5G スマホベンダの業界相関図を示す。また、米国、欧州、中国、韓国のキャリアとスマホベンダの相関を図 2- 11 に示す。

アップルとサムスン電子のスマホは、世界中の移動通信事業者から採用されている。ファーウェイのスマホは米国からの規制要求のため、使用を公表している通信事業者は中国以外少なくなっている。5G 対応スマホについては、三菱総研のレポートによると、米国同様に、欧州でもサムスン電子と LG の韓国製の機種が発売され、Samsung Galaxy S10 5G はモバイル 5G を開始した全てのキャリアが提供している。さらに欧州では、中国製の機種が 4 社（Huawei、Xiaomi、OPPO 及び OnePlus）から市場投入されているのが特徴と報告されている。



（出典）各社ニュースリリース等から作成

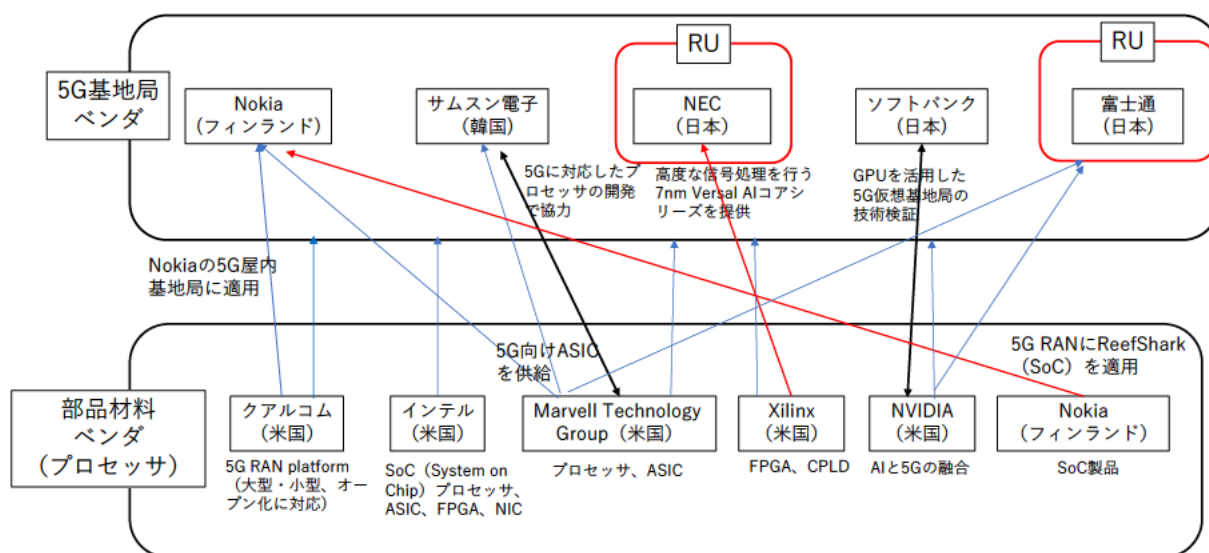
図 2- 10 日本における主要キャリアと機器ベンダの相関



(出典) 各社ニュースリリース等から作成

図 2- 11 日本以外の主要キャリアと機器ベンダの相関

また、5G 基地局ベンダと部品材料（プロセッサ）ベンダの相関を次図に示す。



(出典) 各社ニュースリリース等から作成

RU(Radio Unit):基地局 無線装置

図 2- 12 5G 基地局ベンダと部品・材料ベンダ（プロセッサ）との相関

次に、仮想 RAN ベンダと部品・材料（プロセッサ）ベンダの相関を図 2- 13 に示す。

ノキアは DU・CU 機能をサポートする仮想 RAN の提供を活発に行っており、RU とは eCPRI インタフェースで接続している。また、北米でのクラウド RAN の推進を強化するため、AT&T に提供している。日本では、KDDI での O-RAN の実証実験で NEC の RU と連

携している。エリクソンでは、クラウド RAN の製品発表は 2020 年 10 月に行われ、2021 年第 4 半期に導入としている。

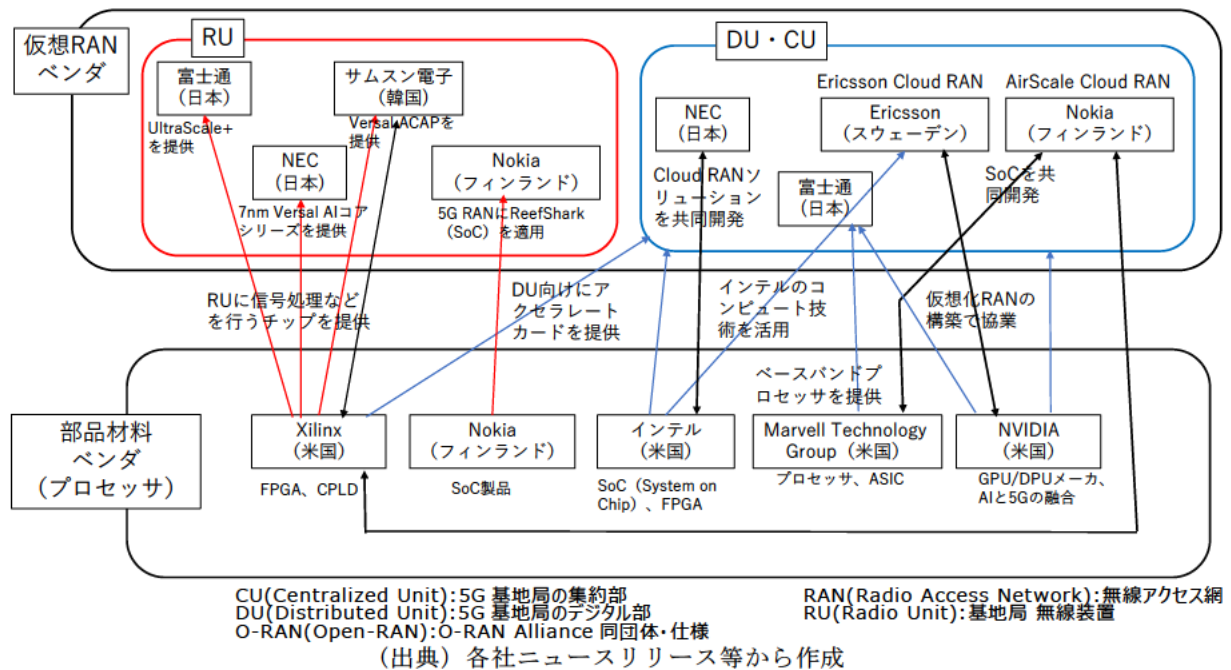


図 2- 13 仮想 RAN ベンダと部品・材料（プロセッサ）ベンダの相関

更に、仮想化 RAN についての相関を図 2- 14 示す。基地局の制御ソフトウェアを開発しているソフトウェアベンダ 3 社とコンテナプラットフォームを提供している RedHat (OpenShift を提供) を仮想化ソフトウェアベンダとしてリストアップした。また、これらのベンダとの相関対象として、プロセッサベンダと基地局ベンダを記載した。

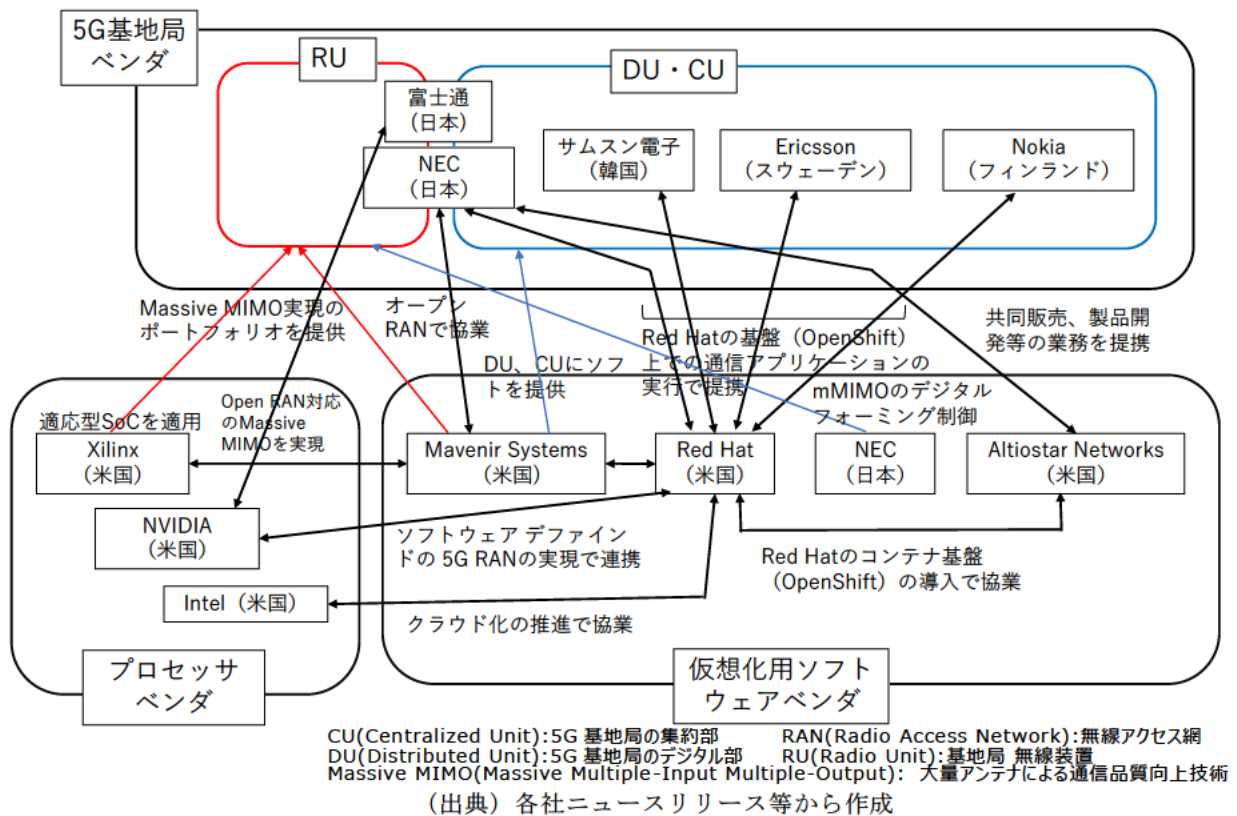


図 2- 14 仮想化ソフトウェアベンダと基地局ベンダ等との相関

第 5 節 5G 通信でキーとなる装置・部品・素材の核心技術の分析・整理（偏在性・ チョークポイントの分析含む）

本節では、5G 通信でキーとなる装置として、グローバルで注目されている O-RAN 関連装置及び vRAN 関連製品を対象として、分析・整理を行う

1. オープン RAN (O-RAN)

オープン RAN とは、オープンなインターフェースと標準仕様に基づいて、ベンダフリーなハードウェアとソフトウェア技術で構築する RAN であり、O-RAN Alliance で策定された仕様に基づいた RAN が O-RAN と呼ばれている。

O-RAN Alliance は、AT&T、中国移动、ドイツテレコム、NTT ドコモ、Orange（旧フランステレコム）により 2018 年に発足した業界団体で、機器開発のベースとなるオープンインターフェース仕様を策定することなどが目標となっている。

基地局装置に関する O-RAN のインターフェースとしては、CU-DU 間のミッドホールと DU-RU 間のフロントホールがある。5G 通信における多くのユースケースでは、リアルタイム処理の困難さ等から、CU と DU を同じ筐体に収容し RU を遠隔地に配置する形態が想定され、DU-RU 間のフロントホール仕様が実装されている。

2. 仮想 RAN (vRAN)

主な構成要素は、汎用サーバ、仮想化のための共通基盤、及びこれらの上に DU や CU の機能を処理する仮想化ソフト等で構成される。

CU、DU および RU の機能要素の構成において、F1 インタフェースは、ミッドホールと呼ばれることもある。この構成例は 0-RAN Alliance の規定に準じて描かれており、フロントホールの負担を減らすことができるように、PHY が上位層 (Upper) と下位層 (Lower) に分割されていることに特徴がある

4G 時代からのフロントホールの変遷において、4G 時代では、フロントホールはアンテナ素子と直結しており、搬送波を含めた無線信号を Radio over Fiber (RoF) 技術を用いて伝送していた。しかし 5G ネットワークでは搬送周波数がミリ波まで拡大した上に Massive MIMO が普及したため、従来の方法ではフロントホールの帯域が飽和した。このため 0-RAN Alliance では、フロントホールで伝送する信号を MIMO ビーム単位に切り替えることで、フロントホールへの要求条件を緩和した。つまり、Low PHY layer とは MIMO をアンテナ素子に展開する機能で、High PHY layer とは MIMO 信号を生成する機能を指す。

3. vRAN 関連の主要ベンダ、製品等の整理・分析

vRAN の主要ベンダと製品概要を下表に示す。いずれも 0-RAN を前提としたマルチベンダ化に対応しており、従来の全機能一体型 RAN のトップベンダであるファウエイを包囲する形で vRAN 製品の開発・導入が進んでいる。また、5G ではベースバンド処理によりリアルタイム性が求められるため、仮想化基盤には汎用サーバではなく、特化したアクセラレータの導入が進展している。

この結果、RAN ベンダでは欧州と韓国の企業が優位を占め、仮想化基盤では米国のチップベンダが市場をほぼ独占している。

表 2- 10 vRAN の主要ベンダと製品概要

企業名	製品名	概要
RAN ベンダ	ノキア	AirScale Cloud RAN ・ 2019 年には、仮想化 CU を提供。 ・ 2022 年には、仮想化 DU の商用化予定。
	エリクソン	Ericsson Cloud RAN ・ x86 汎用サーバを使って DU と CU を構成する。 ・ 2021 年 4Q から提供予定。 ・ 2022 年後半に、Massive MIMO 等を追加予定。
	サムスン電子	Samsung vRAN 2.0 ・ vRAN 1.0 では CU を仮想化 ・ vRAN 2.0 では DU を仮想化し、ベライゾンへ提供
仮想化 基盤	クアルコム	Qualcomm 5G RAN platform 高無線通信性能、大型・小型の基地局に対応できる スケラビリティのあるプラットフォーム。
	NVIDIA	NVIDIA Aerial A100 実時間処理に適した、GPU と DPU を搭載したアクセ ラレータカード。
	ザイリンクス	Zynq RFSoc DFE RU 向けチップ。2020 年末発表。 ビームフォーミングを、処理能力を 2 倍にしながら 消費電力を約半分に抑えて実現する。

(出典) 各社ニュースリリースより作成

CU(Centralized Unit):5G 基地局の集約部
DPU(Data Processing Unit)
DU(Distributed Unit):5G 基地局のデジタル部
GPU(Graphics Processing Unit):グラフィックス描画用高速半導体チップ
RU(Radio Unit):基地局 無線装置
vRAN(virtual Radio Access Network):仮想無線アクセスネットワーク

ノキアの vRAN ソリューションでは、処理が軽い CU の仮想化 (VRAN1.0) から始め、DU 仮想化製品 (VRAN2.0) へと進んでいる。

サムスン電子は、vRAN 製品を米国ベライゾンへ約 66 億ドル規模を提供することで注目を浴びているが、vRAN ソリューションと合わせて、vRAN 用のチップ開発を行っている。2021 年 6 月のオンラインイベントによると、以下に示す vRAN 用次世代チップ 3 種を用意しており、強みとしてアピールしている。

- ①第 3 世代 RFIC : 28GHz 帯と 39GHz 帯に対応し、アンテナサイズを約半分に縮小しながら、カバレッジ拡張、省電力化も実現。次世代 5G 小型マクロ基地局の出力電力倍増を可能にする。
- ②第 2 世代 5G モデム : サブ 6 (6GHz 未満の周波数帯) とミリ波帯の両方に対応し、ビームフォーミング機能も実現しながら、電力消費量を前世代から約半分に削減。次世代 5G 小型マクロ基地局や Massive MIMO 対応無線装置の小型化と電力効率改善を可能にする。
- ③DFE-RFIC 統合チップ : DFE (Digital Front End) 機能と RFIC (Radio Frequency Integrated Circuit) を統合し、サブ 6 とミリ波の両方に対応することで、5G 小型マクロ基地局などのサイズ縮小、出力電力強化、周波数帯域増強を可能にする。

また、NVIDIA では、仮想化基盤を製品化している。vRAN、特に DU の仮想化では、リアルタイム性が高く、かつデータ処理量も多いため、汎用の CPU では間に合わない課題がある。これを解決するため、DPU (Data Processing Unit) と GPU (Graphics Processing Unit) を搭載した製品、及び仮想化ソフトウェアの開発環境 (SDK) も提供している。

このように、vRAN の仮想化基盤技術は核心技術の候補であり、チップベンダも参画してきている。

第3章 5G 通信の技術動向

5G 通信技術に関し、海外の注目すべき核心技术保有者の活動動向を重点的に調査し、日本の技術動向と比較する。

第1節 5G 製品及び技術開発の動向

5G の製品及び技術の技術俯瞰図を、図 3- 1、図 3- 2 に示す。

2 章の 1 節で示した、図 2- 1 5G ネットワークの全体構成のイメージと、図 2- 2 5G で基本的な構成となった子局と親局分離の構成イメージを踏まえて、第 2 節の調査結果を加味して作成した。特に、5G 後半市場向けには、製品装置の価格競争や小型化など製品成熟化や部品の競争力を維持向上させる観点での技術を、新聞記事の情報を基に加えている。



図 3- 1 5G の製品及び技術の技術俯瞰図

NEF (Network Exposure Function) :	各NFのサービスを公開する機能
NRF (Network Repository Function) :	各NFのサービスを登録する機能
UDM (Unified Data Management) :	統合データ管理
UDR (Unified Data Repository) :	統合データリポジトリ
AUSF (Authentication Server Function) :	subscriber認証用機能
PCF (Policy Control Function) :	ポリシー制御機能
AF (Application Function) :	外部アプリケーション
FE(Front End) :	フロントエンド
AMF (Access and Mobility Management Function) :	アクセスと移動管理機能
SMF (Session Management Function) :	セッション管理機能
NG-RAN(New Generation - Radio Access Network) :	5Gアクセスネットワーク
UPF (User Plane Function) :	ユーザープレーン機能
CU (Central Unit) :	無線集約ユニット
DU (Distributed Unit) :	無線分散ユニット
RU(Radio Unit) :	無線ユニット
BBU (Baseband Unit) :	ベースバンドユニット
RRH (Remote Radio Head) :	リモート無線部
MLCC(Multi Layered Ceramic Capacitor) :	多層セラミコンダクタ

図 3- 2 5G の製品及び技術の技術俯瞰図(略号)

第2節 5G 要素技術及び技術開発の動向、当該技術の重要性・競争優位性の分析評価

1. 学会・企業広報等による核心技術として注目する技術の分類・整理

学会・国際会議・企業広報等のアクティビティは、マスコミにより重要性が評価され、スクリーニングされた重要と思われる内容が記事となっている。

5G に関しては、2011 年以降多くのメディアで注目され、膨大な記事が掲載されている。本分析では、その中の技術報道を一覧化し、更に、競争優位を謳っている報道内容の技術を中心に、分析評価した。

また、各技術は、基地局や、端末、半導体などの適用対象の分類、部品・部材、素子、システム、アンテナなど役割に関する分類で分析整理した。

具体的には、日本経済新聞で、2015 年から記事として取り上げられた 5G 通信の技術に関して、海外及び、日本の核心技術候補の保有者と、保有技術を、記事一覧として表 3- 1、表 3- 2 に示す。この一覧には、展示会や学会なので話題を呼んだ技術や、企業の報道発表を基にした技術が含まれている。

表 3- 1 5G 関連技術として掲載された新聞記事一覧（2015 年～2021 年 9 月）（1/2）

項番	適用	役割	注目	技術名	企業名	国籍	掲載日	記事タイトル
1	網	ソフト		クラウド基盤ソフト	NEC、レッドハット	米	2021/4/13	NECとレッドハット、5G分野で協業
2	網	ソフト	●	NW仮想的分割技術	三菱電機、OKI	日	2021/5/28	5Gのデータ通信を効率化 三菱電機やOKIが新技術
3	網	ソフト		電波資源高速分配技術	ソニー	日	2020/9/1	ソニー、電波を短時間で分配 5G向けに技術開発
4	網	検査		計測器	アンリツ	日	2017/1/7	アンリツ株、一時13%高 中国の5G投資に期待
5	基地局	システム		L5G小規模向け機器	シャープ	日	2021/2/1	シャープ、ローカル5Gを格安で 費用5分の1に
6	基地局	システム		基地局液体冷却装置	KDDI、ノキア	日	2021/7/9	KDDI、基地局電力5割減へ 高効率冷却や電波制御
7	基地局	システム		基地局間無線接続技術	東芝	日	2019/12/11	東芝、5G基地局間の通信 整備コスト10分の1
8	基地局	システム		オープン化基地局	楽天、NEC	日	2019/6/5	楽天とNEC 5Gで提携発表 オープン化で低コスト
9	基地局	システム		時刻同期ずれ解消技術	NTT、古野電気	日	2018/10/23	GPSの時刻ずれを改善 NTTと古野電気、5Gに活用
10	基地局	システム	★	IAB	ドコモ、中ファウウェイ	中	2018/5/28	ドコモとファウウェイ、ミリ波使った5G中継実験
11	基地局	ソフト	★	5G制御用ソフト	米マベニアシステムズ、NEC	米	2020/2/13	NEC、5G用ソフトで米社と協業
12	基地局	アンテナ		5Gアンテナ	NEC	日	2021/6/15	NEC、5Gアンテナで初の海外受注 英ボーダフォンから
13	基地局	アンテナ		アンテナ向けコネクタ	SMK	日	2020/8/25	SMK、5G対応のアンテナ向けコネクタ
14	基地局	アンテナ		ミリ波アンテナM	日本特殊陶業	日	2020/6/25	日特、5G市場に参入 アンテナ開発 車依存を修正へ
15	基地局	アンテナ		ガラスアンテナ	AGC	日	2020/6/3	AGCとドコモ、5G向け「窓の基地局化」技術を開発
16	基地局	アンテナ	●	巻ける5Gアンテナ	ドコモ、AGC	日	2020/2/7	ドコモ、電柱に巻ける5Gアンテナ AGCと試作
17	基地局	アンテナ		分散アンテナ技術	NEC	日	2020/1/27	NEC、5Gミリ波帯基地局の分散アンテナ技術開発
18	基地局	部品・部材	●	基地局用複合素材	ソフトバンク	日	2021/2/18	ソフトバンク、5G基地局整備に新工法 複合素材が鍵
19	基地局	部品・部材		基地局部品	住友電工	日	2021/1/20	住友電工、5G基地局部品で脱・ファウウェイ依存
20	基地局	部品・部材	★	RF半導体	蘭NXPセミコンダクターズ	蘭	2020/10/13	NXP、NEC・楽天の5G基地局に基幹半導体
21	基地局	部品・部材		ミリ波基地局向け部品	TDK	日	2020/7/22	5G部品、焦点はミリ波 TDKや村田が積極投資
22	基地局	部品・部材		ミリ波帯集積回路	フジクラ	日	2019/8/7	フジクラ、5G向け集積回路開発へ 高周波帯「ミリ波」
23	基地局	製造		5G基地局工法	AKIBA	日	2021/1/26	AKIBAがストップ高買気配 SBの5G基地局、工法採用で
24	環境	部品・部材	●	電波透過窓ガラス	AGC	日	2021/5/14	AGC、5Gの天敵「Low-Eガラス」を克服
25	環境	部品・部材	●	電波透過窓用フィルム	AGC	日	2021/7/13	AGC、5G電波通りやすい窓用フィルム開発
26	端末	システム		折り畳みスマホ	米モトローラ	米	2021/3/9	モトローラ、折りたたむための5Gスマホを発売
27	端末	システム		高耐久スマホ	京セラ	日	2021/3/16	京セラ、5G対応の高耐久スマホ マルチカメラを搭載
28	端末	システム	★	周波数選別技術	村田製作所、米レゾナント	米	2019/10/2	村田製作所、米社に資本参加 5G向け通信部品開発
29	端末	システム	★	モバイルPF用SoC	米クアルコム	米	2018/8/28	クアルコム、5G用プロセッサをサンプル出荷
30	端末	システム		IC/アンテナ組合部品	村田製作所	日	2017/11/30	村田製作所、5G向け通信部品開発 車向けは年10%成長
31	端末	セキュ		SIM内蔵セキュリティ	トレンドマイクロ	日	2021/4/9	トレンドマイクロ、5G環境を保護 SIMカード内で動作
32	端末	アンテナ	●	つまむアンテナ	ドコモ	日	2021/6/29	ドコモの「つまむアンテナ」、周囲が通信エリアに
33	端末	アンテナ	●	パソコン用広波長アンテナ	パナソニック	日	2021/6/4	パナソニック、ノートパソコンで5G対応 本格普及に備え
34	端末	アンテナ		透明アンテナ	大日本印刷	日	2020/3/30	大日本印刷、5G用の透明アンテナ開発 SIMも販売
35	端末	アンテナ		ガラスアンテナ	AGC、ドコモ	日	2019/5/29	ドコモ、ガラス型アンテナで5G通信 AGCなどと
36	端末	部品・部材	★	スマホ省電力化技術	村田製作所、米Etaワイヤレス	米	2021/9/3	技術競争に備え 村田製作所が米社買収、省電力化で先手
37	端末	部品・部材	★	スマホ放熱部品	村田製作所、台クーラーマスタ	台	2021/9/10	村田製作所、世界最薄の放熱部品を開発 5Gスマホ向け
38	端末	部品・部材	●	MLCC	村田製作所	日	2020/4/20	村田製作所、貫く自前主義 5G向け部品で追随許さず
39	端末	部品・部材	●	MLCC	村田製作所	日	2020/10/8	5Gスマホ部品サプライバル 村田、小型化極め存在感
40	端末	部品・部材	●	MLCC	村田製作所	日	2019/12/4	村田製作所、5Gスマホ向け電子部品の体積5分の1に
41	端末	部品・部材		ビスマレイミド樹脂	信越化学	日	2020/11/30	信越化学、5G向け樹脂量産 新潟に30億円で工場
42	端末	部品・部材		ポリイミドフィルム	カネカ	日	2020/11/18	カネカ、高周波5G対応のスマホ向けフィルム
43	端末	部品・部材	★	FPGA	米AMD、米ザイリンクス	米	2020/10/28	半導体「FPGA」、5Gで拡大 米AMDが最大手買収
44	端末	部品・部材	★	5G対応半導体	米クアルコム	米	2020/9/3	家電見本市IFA、クアルコムが入門機用5Gチップ
45	端末	部品・部材		超薄型ガラス	韓サムスン	韓	2020/3/13	サムスン縦折リスマホ、超薄型ガラスへの投資実る
46	端末	部品・部材	●	5Gスマホ極薄放熱部品	大日本印刷	日	2020/1/24	大日本印刷、5Gスマホを冷ます極薄放熱部品
47	端末	部品・部材		誘電性「石英クロス」	信越化学	日	2019/12/25	信越化学、5G向け高機能素材を開発 21年に量産
48	端末	部品・部材		電子部品	アルプスアルバイン	日	2019/9/5	アルプスアル、米クアルコムと5Gライセンス契約
49	端末	部品・部材	●	超小型電圧変換機	TDK	日	2019/3/18	TDK、世界最小の電圧変換器 車載・5G向け

表 3- 2 5G 関連技術として掲載された新聞記事一覧（2015 年～2021 年 9 月）（2/2）

項番	適用	役割	注目	技術名	企業名	国籍	掲載日	記事タイトル
50	半導体	素子	★	NANDフラッシュメモリ	米マイクロン・テクノロジー	米	2021/7/30	マイクロン、5Gスマホに適したフラッシュメモリ
51	半導体	素子		集積回路	イビデン	日	2021/6/3	イビデン青木社長「IC基板、注文打診コロナ前の2倍」
52	半導体	素子		半導体	米クアルコム	米	2021/7/29	米クアルコム65%増収 4～6月、半導体不足解消は22年
53	半導体	素子		半導体	ルネサス、英ダイアログ	英	2021/2/9	ルネサス、英同業ダイアログ買収で5G技術取り込み
54	半導体	素子	●	窒化ガリウム半導体	住友電工	日	2021/7/3	住友電工、5G半導体を米でも生産 供給寸断リスクに対応
55	半導体	素子		半導体	キオクシア	日	2020/12/9	キオクシア、岩手で工場用地を取得 十数億円で
56	半導体	部品・部材	●	シリコンウエハー	SUMCO	日	2021/4/17	SUMCO橋本会長、「ウエハー逼迫、投資検討も」
57	半導体	部品・部材	●	電気光変換/光増幅装置	古河電工	日	2021/8/4	古河電工、5G向け通信部品を4割増産 タイで
58	半導体	部品・部材	●	フッ素化学品	ダイキン、米ケマーズ、AGC	米	2021/7/6	ダイキン、フッ素品生産の適地判断 10日→数時間に短縮
59	半導体	部品・部材	●	酸化物単結晶	オキシサイド	日	2021/3/25	オキシサイドの古川社長「酸化物単結晶 5G分野で育成」
58	半導体	部品・部材		半導体製造装置用部材	東海カーボン	日	2021/3/12	東海カーボン、半導体製造部材5割増産 5Gで需要増
59	半導体	部品・部材		超高压分野製品	スギノマシン	日	2020/12/11	スギノマシン、5G拡大で超高压技術に商機
60	半導体	部品・部材		高周波半導体新材料	信越化学	日	2020/3/13	信越化学、5G特化型の素材を販売へ 成長期待取り込む
61	半導体	部品・部材		回路基板高機能樹脂	日鉄ケミカル&マテリアル	日	2019/11/9	日鉄子会社社長「5G向け樹脂、内外通信大手が採用」
62	半導体	部品・部材		基盤材料フッ素樹脂	AGC	日	2018/8/30	AGC、5G基板材料を本格生産 専用設備新設
63	半導体	検査		検査装置	レーザーテック	日	2021/8/6	レーザーテック、22年6月期は9%増益 検査装置堅調
64	半導体	検査		検査装置	アドバンテスト	日	2021/7/29	アドテストの純利益上振れ、7%増の750億円 22年3月期
65	半導体	製造		計測機器、半導体製造装置	アンリツ、ディスコ	日	2021/1/27	アンリツが6%超高 ディスコ増益見通しで5Gに再注目
66	半導体	製造		半導体製造装置保守	ジャパンマテリアル	日	2021/2/8	Jマテリアルの20年4～12月期、純利益26%増 5G需要で
67	半導体	製造		半導体パッケージ製造	新光電気工業	日	2021/4/27	新光電気工業、連結純利益233億円 22年3月期予想
68	半導体	製造		半導体関連装置	日本電子、レーザーテック	日	2021/4/14	日本電子、ストップ高 半導体関連装置で業績期待
69	半導体	製造		半導体研磨材	フジミインコーポレーテッド	日	2021/3/26	5G、在宅追い風に 半導体研磨材のフジミ、3割増産へ
70	半導体	製造		半導体製造装置	ディスコ	日	2021/8/6	ディスコ、広島・桑畑工場の新棟完成 延べ床面積1.3倍に
71	半導体	製造		半導体製造装置	ディスコ	日	2021/1/22	ディスコの4～12月期、営業益4割増 アジア向け好調
72	半導体	製造		洗浄剤運搬容器	和田ステンレス工業	日	2020/12/21	和田ステンレス工業、新潟・燕に新工場 来春稼働
73	半導体	製造		半導体洗浄液	トクヤマ	日	2020/10/23	トクヤマ社長「5G需要は旺盛」 半導体洗浄液増産へ
74	半導体	製造		半導体洗浄剤	三菱ケミカル	日	2020/8/18	三菱ケミカル、5G関連で台湾に新工場 先端素材を生産
75	半導体	製造		半導体用薄膜形成装置	サムコ	日	2020/7/2	サムコ、半導体装置のデモルーム新設 5Gなど需要獲得
76	半導体	検査		高性能部品用計測電源	エーディーシー	日	2020/5/27	エーディーシー、高性能部品向け計測電源 5Gなど対応
77	半導体	製造		シリコンウエハ洗浄槽	中興化成工業	日	2020/5/25	中興化成、半導体装置部材 生産2倍に 10億円投じ5G需要
78	半導体	製造		超微粒アルミナ	住友化学	日	2020/1/21	住友化学、超微粒アルミナ開発 5G機器の普及にらむ
79	半導体	製造		製造装置用部材	ダイキン	日	2019/5/3	ダイキン、フッ素化学に1000億円投資 5G半導体向け

MLCC：積層セラミックコンデンサ

IAB：Integrated Access Backhaul

L5G：ローカル5G

SoC：システムオンチップ

キオクシア：旧東芝メモリ

この結果から、海外の注目すべき核心技術候補と、その保有者としては、日本企業が海外の企業が持つ技術を活用する観点で、海外企業との連名記事が注目される。具体的には、中ファーストウェイの IAB（Integrated Access Backhaul）、米マベニアシステムズの 5G 制御ソフトウェア、蘭 NXP セミコンダクターズの RF 半導体、米レゾナントの周波数選別技術、米 Eta ワイヤレスのスマホ省電力化技術、台クーラーマスターのスマホ放熱部品、米クアルコムのモバイルプラットフォーム用 SoC（システム・オン・チップ）、米ザイリンクスの FPGA（Field Programmable Gate Array）、米クアルコムの 5G 対応半導体、米マイクロン・テクノロジーの NAND 型フラッシュメモリがある。

これらの技術は、海外企業が保有する技術が優れており、活用することで競争力を維持・向上させようとしている技術と捉えることができる。

これに対し、記事の内容から、三菱電機、OKI の NW 仮想的分割技術、ドコモと AGC の巻ける 5G アンテナ、村田製作所の MLCC（積層セラミックコンデンサ）、住友電工の窒化ガリウム半導体は、日本企業が保有する核心技術候補と考えられる。

以下、具体的な内容は、記事から引用する。

- ・「5G のデータ通信を効率化 三菱電機や OKI が新技術」

三菱電機や OKI などは、高速通信規格「5G」のデータ通信を効率化する技術を開発したと発表した。要件に応じてネットワークを自動で仮想的に分割する。通信能力の割り当てを最適化できるほか、異なるサービス同士の干渉も起こりにくくなる。ネットワークプロバイダによる管理作業の低減につながる。開発した「光アクセスネットワークの仮想化制御技術」は、通信が必要な機器を結ぶ通信経路ごとに通信能力を把握。ライブ配信には大容量、自動運転には超低遅延といった、それぞれの要件ごとにネットワークを仮想的に分割した「ネットワークスライス」を自動で構築する。近い将来の実現を見込む需要予測技術を活用し、各スライスへの通信能力の割り当ても制御できるようにした。

- ・「ドコモ、電柱に巻ける 5G アンテナ」

NTT ドコモと AGC は電柱などに自在に巻きつけられる次世代通信規格「5G」向けアンテナを試作した。電波が飛びにくい 5G 向け周波数帯を活用する場合、隅々まで電波を届けるためには数多くの基地局を設置する必要がある。柔らかい素材を使ったアンテナを構成できれば、電柱の表面や壁など様々な場所に基地局を設置できるようになる。開発を進め、数年かけて実用化を目指す考えだ。ドコモと AGC が試作したアンテナは、28 ギガ（ギガは 10 億）ヘルツ帯と呼ばれる 5G 向けの周波数帯の特性に合わせたもの。見た目は写真のフィルムのように、薄くて曲げやすい柔らかな形状だ。このフィルムには様々な方向にアンテナが配線されているため、電柱などに巻くだけで 360 度の周囲に電波を飛ばすことができるという。

- ・「技術競争に備え 村田製作所が米社買収、省電力化で先手」

村田製作所は 3 日、スマートフォンを省電力化する技術を持つ米 Eta ワイヤレス（マサチューセッツ州）を約 160 億円で買収したと発表した。高速通信規格「5G」の対応などでスマホの消費電力が増えるなか、ニーズの高まる省エネ電子部品のシェアの拡大を目指す。加速する電子部品の技術競争に先手を打つ狙いもある。Eta ワイヤレスは独自開発の IC などで電波送信時の電力消費を抑える技術を持つ。通信部品はディスプレイなどに次いで電力消費が多く、バッテリーの持ちを左右する。通信に使う周波数が高くなると消費電力が高まる。高周波数帯の「ミリ波」を使う 5G や 2030 年前後とされる次世代通信規格「6G」の実用化も見据え、高性能部品の生産を狙う。

- ・「村田製作所、世界最薄の放熱部品を開発 5G スマホ向け」

村田製作所は台湾のクーラーマスターと共同で、世界最薄の放熱部品を開発した。冷却性能に優れた「ベイパーチャンバー」と呼ばれる部品で、薄さは 200 マイクロメートルだ。スマートフォンなどに搭載し、IC などが発する熱を放熱する。高速通信規格「5G」の普及などで高まる電子機器の放熱需要を捉える。ベイパーチャンバーは銅などで作られた薄い板状の製品で、名刺ほどのサイズだ。真空の内部を純水などの作動液が循環している。IC や CPU などに接した箇所、作動液が蒸発し、気化熱として熱を奪い蒸気が拡散する。熱源から離れた場所で放熱して冷えると再び液体化し、毛細管を伝って再び熱源に移動する仕組みだ。

- ・「村田製作所、貫く自前主義 5G 向け部品で追随許さず」

村田製作所が次世代通信規格「5G」で存在感を強めている。世界シェア 4 割を占める積層セラミックコンデンサ（MLCC）や通信部品が関連製品に不可欠だからだ。強さの秘密は原材料や生産設備まで内製する「自前主義」と、未来に必要な技術の「先読み力」にある。MLCC はバッテリーと半導体の間などに置かれ、電気を蓄えたり放出したりして回路内の電流を一定に保つ。世界の年間需要は 2 兆個超とみられ、村田はスマホ向けなどの市場が 2024 年度に 19 年度の 1.5 倍程度になると予測する。村田の新型は 0.25 ミリメートル×0.125 ミリメートルと砂粒のように小さい。他社の同じサイズの MLCC と比べて電気を蓄える容量がはるかに大きく、一般的な製品の 10 倍に達する。この性能で量産できるのは村田だけだ。

- ・「住友電工、5G 半導体を米でも生産 供給寸断リスクに対応」

住友電気工業は 9 月から、高速通信規格「5G」の基地局に使う通信用半導体を米国で量産する。世界シェア 7 割を持つ製品の生産を日米 2 極に分散させたうえで、供給能力をほぼ倍増させる。住友電工は窒化ガリウムを材料に使うのが特徴。現在主流のシリコン製に比べ、通信容量を増やしたり消費電力を減らしたりできる。価格は「ひとケタ高い」（業界関係者）が、採用が増えている。さらに高速大容量化する 6G で需要が膨らむとの見方もある。

2. 注目する技術の研究開発状況、技術所有者等の詳細について分類・整理

基地局の仮想化には、ハードウェアとソフトウェアの研究開発が重要な役割を果たす。

vRAN の先駆的役割を果たすコアネットワークにおける NFV では、ハードウェアは汎用ワークステーションを使うことが一般的であった。しかし、低遅延への要求が強かつ処理内容が多様化している RAN では、処理内容に特化したアクセラレータをハードウェアに効率よく組み込むことが、課題となっている。

本項では、vRAN におけるアクセラレータに注目して、最新の研究開発状況を、技術所有者情報と合わせて記述する。

(1) GPU と DPU を組み合わせた DU 向け汎用アクセラレータ（NVIDIA）

GPU（Graphics Processing Unit）は PC の CPU の描画機能を補完するパーツとして広く普及しており、多数の並列処理を同時実行可能なチップが比較的安価に市場に回っている。NVIDIA は GPU チップ市場で圧倒的なシェアを誇る筆頭企業であり、専用のソフトウェアスタックとして「CUDA」（クーダ）を用意することで、GPU の性能を十全に発揮させる環境を提供している。

さらに NVIDIA は、CPU のネットワーク機能を補完するパーツとして DPU（Data Processing Unit）を開発して、2020 年より市場に本格投入している。また、CUDA と同様のソフトウェアスタックである DOCA を用意することで、GPU と同等レベルの開発環境を提供している。

NVIDIA は、GPU と DPU を一枚の PCIe カードに搭載することで、vRAN のハードウェアとして最も一般的に用いられている汎用ワークステーションに容易に組み込みかつ当該ワークステーションの性能を向上させることができるアクセラレータを、NVIDIA Aerial A100 として 2021 年に販売した。

NVIDIA Aerial A100 は、汎用的なチップを使うことで、価格対性能比が高いだけではなく、既存の開発環境を利用できることから、Cloud RAN やローカル 5G といった要求機能が異なる状況においても、ハードウェアを変更することなくソフトウェアの変更だけで容易に対応することができる。

(2) ミリ波 MIMO を処理する DU 用 High-PHY アクセラレータ (クアルコム)

Massive-MIMO 信号の生成と分離を担当する High-PHY 層は、リアルタイム性や複雑なアルゴリズムが求められるため汎用プロセッサでは処理が難しいことから、vDU における処理能力のボトルネックとなり易い。このため、High-PHY 層の処理を専用のアクセラレータボードに任せることで、vDU 全体の処理能力の向上および消費電力の削減が期待される。クアルコムは、ドイツテレコム、NTT ドコモおよび英 Vodafone と協力して、vDU の High-PHY 層に特化したアクセラレータカード「Qualcomm 5G DU X100」を 2022 年前半に発売することを予定している。

Qualcomm 5G DU X100 は、PCIe 規格に準拠しているため、汎用サーバにシームレスに追加できる。ドライバ等のソフトウェアも同時に提供する予定なので、通信事業者は追加開発せずに O-RAN フロントホールと 5G NR の物理層 (High-PHY) を展開しやすくなる。

(3) RU の仮想化を推進する RU 用アクセラレータ (ザイリンクス)

RU が収容する Low-PHY 層は、Massive-MIMO 信号のアンテナ素子への展開と集約を行うことから、リアルタイム性や複雑なアルゴリズムが求められる。また、RU は基地局本体と離れた場所に設置されることが多いため、低消費電力や耐候性などを求められることから、仮想化があまり進展していない。しかし設置件数は CU や DU と比べると桁違いに多いため、仮想化による機動的な設置の効果は CU や DU 以上に大きいと考えられる。

ザイリンクスは 2019 年に、RF System on Chip (RFSoc) 手法を導入することにより Low-PHY 層に要求される機能を統合することで、RU に求められる要求を満たすチップを発表した。2020 年には、従来製品に比べて演算能力を 2 倍にして消費電力を半減させた第 4 世代となる RU 用アクセラレータ Zynq RFSoc DFE を発表した。

Zynq RFSoc DFE は、ハードウェア部分を全て ASIC に切り替えることで高性能化と低消費電力化を両立させたが、チップごとの役割分担を最適化することで、ソフトウェアによる機能変更により多様なユースケースに対応することができる。

第3節 日本の5G向け核心技術とその保有者について、そのレベルを海外と比較して評価

1. 5G O-RAN Massive MIMO 無線機¹

NEC と米アナログ・デバイセズ社(ADI)は、5G 基地局装置無線機の Massive MIMO アンテナを共同開発した。このアンテナには、高精度 Massive MIMO を実現する ADI 社の第4世代広帯域 RF トランシーバのソリューションを採用している。

この5G 無線機は、E2E の完全仮想化クラウドネイティブモバイルネットワークに対応した5G オープン vRAN(仮想化 RAN)インタフェースを具備している。また、3.7GHz 周波数帯の Massive MIMO や、高精度のビームを形成するデジタルビームフォーミング技術などにより、大容量伝送を高効率に実現する。これにより通信事業者は従来のネットワークを制約している物理的インフラストラクチャの保守管理、維持、修理、および人件費の負担を省くことでコストを大幅に低減し、高速インターネットへのアクセスを提供できる。

ADI 社の第4世代広帯域 RF トランシーバは、4 チャンネルのトランスミッタ、レシーバーおよび「歪み補正機能」を統合したソリューションで、Massive MIMO やスモール・セル・システムなどの無線機アプリケーションをサポートするように設計されている。このソリューションにより、システム設計の簡略化、サイズや重量の削減、低消費電力化を実現できる。

NEC の5G 機器は、高精度のデジタルビームフォーミングを利用して効率的な大容量伝送を実現する。またこのシステムは、複雑な回路の集積によって実現されるシームレスな実装が特長となっている。

2. 5G 向けミリ波フェーズドアレイ無線機²

東京工大と NEC は共同で、5G に向けたミリ波帯フェーズドアレイ無線機を開発した。ミリ波帯用の5G 無線機ではアレイ状に配置したアンテナへ入出力する高周波信号の位相を制御することにより、アンテナの指向性パターンを制御する。従来は高精度な指向性の制御のために大規模な装置が必要であったが、指向性パターンを劣化させる要因になっている位相および振幅のばらつきを補償できるコンパクトな回路を新たに提案し、無線機とともに集積化することに成功した。

この回路の活用により位相 0.08 度と極めて高精度にアンテナ素子の信号を制御することができる。無線機は安価なシリコン CMOS(相補型金属酸化膜半導体)プロセスで製作した。この技術は、5G 向けの各種無線通信機器に搭載可能で、ミリ波帯の5G 普及を加速させる成果といえる。

¹ 2020 年 10 月、NEC HP より
https://jpn.nec.com/press/202010/20201023_01.html

² 2019 年 6 月、NEC HP より
https://jpn.nec.com/press/201906/20190603_01.html

3. 5G 基地局向け 28GHz 帯超多素子アンテナ・RF モジュール¹

三菱電機株式会社は、第 5 世代移動通信システム（以下、5G）基地局向けに、広信号帯域幅・広角ビームフォーミングを実現する、多素子アンテナと高周波回路を一体化した小型の 28GHz 帯超多素子アンテナ・RF モジュールを製品開発した。

このモジュールは、①高周波回路を広帯域化し、800MHz の広信号帯域幅を実現することで、広信号帯域幅を実現することで、高速大容量通信を可能にし、②独自開発の多素子アンテナと RF デバイスを組み合わせたビーム制御技術を採用することで、広角ビームフォーミングを実現することで、エリアカバレッジの拡大に寄与し、③RF デバイスの高集積化によりアンテナ・RF モジュールの小型化を実現し容易に設置できるようにすることで、ビームフォーミングの広角化（水平±45 度）により、カバーするエリアの拡大に寄与する特徴を有している。

4. システム・オン・チップの無線基地局プラットフォーム²

パナソニックと加 Octasic 社は、sXGP（shared eXtended Global Platform）などの枠組みを拡大し、5G とその高度化技術である Beyond 5G の共同開発に合意した。

具体的には、加 Octasic 社の新世代システム・オン・チップである OCT3032 上に、5G とその高度化技術を搭載した高信頼、低遅延および低消費電力の無線基地局プラットフォームを開発する。これにより、B2B や航空業界向け非地上ネットワーク、その他のミッションクリティカルな業界への適用を目指す。

これまでパナソニックは、Octasic のシステム・オン・チップに組み込まれた非同期マルチコアを最大限に活用して、Octasic の LTE 物理層ソフトウェアを sXGP 向けに拡張し、免許不要帯域での干渉が大きい環境でも安定した通信を実現する sXGP システムを開発し、無人自動バレーパーキングシステムなどに利用してきた。

今回の共同開発では、これまでの取り組みに加え、5G とその高度化技術に向けて、特に低遅延保証が求められる高度な IoT 環境や非地上運用に貢献する無線基地局プラットフォームの共同開発を目指す。

Octasic のオープンでプログラマブルなプロセッサプラットフォームは、独自の非同期マルチコアを搭載しており、パナソニックの無線基地局開発における高性能、低消費電力、ソフトウェアによる拡張性の要件を満たしている。

5. 高周波向け電子部品³

5G で用いる周波数帯は、4G・LTE の「センチ波」3.6GHz 以下に対し、3.1～4.2GHz、4.4～4.99GHz や、「ミリ波」の 26/28GHz 帯、38/42GHz 帯など高い周波数体ヘシフトする。

¹ 2017 年 4 月、三菱電機 HP より

<http://www.mitsubishielectric.co.jp/news/2017/0418.html>

² 2020 年 9 月、パナソニック HP より

<https://news.panasonic.com/jp/press/data/2020/09/jn200917-2/jn200917-2.html>

³ <https://www.sbbit.jp/article/cont1/35727>

このため、スマホ用電子部品は 4G・LTE 用を流用できず、新規に開発されることになる。電子部品領域には、「チップ積層セラミックコンデンサ」「表面波（SAW）フィルタ」「デュプレクサ」「セラミック発振子」「EMI 除去フィルタ」「無線 LAN モジュール」「ブルートゥースモジュール」「インダクタ」といったものが挙げられている。

村田製作所は、これらの 5G（高周波向け）電子部品で圧倒的なシェアを有している。これらの電子部品は、高周波向けの電子部品のジャンルで日本勢のシェアは圧倒的に高く、今後需要が高まる 5G 向けマーケットにそのまま移行すると考えられる。5G 用に鍵を握る製品はすでに開発され、受注、生産は始まっている。

特に、低損失チップ積層セラミックコンデンサは、誘電体材料に高周波での損失が非常に小さいセラミック材料、内部電極に銅を採用することにより、高周波で High Q、低 ESR を実現した積層セラミックコンデンサである。

通信基地局向けに、高周波化・多出力化が進み、そのためセットの小型化を実現している。小型サイズの低損失コンデンサにも通信基地局向けに使用できるよう定格電圧を拡大し、従来比 2 倍の定格電圧となる 100Vdc を実現している。

6. 5G 用低損失基板に向けた高強度異種材料接合技術¹

産総研は、新技術研究所と共同で、高周波用のフレキシブルプリント配線基板（FPC）を作製できる高強度な異種材料接合技術を開発した。

本技術は銅張積層基板を構成するポリエステル膜の表面を、紫外光反応を用いる表面化学修飾技術により酸素官能基化し、ヒートプレスにより銅箔（どうはく）と接合するもので、銅箔の表面を粗くする必要がなく（粗面化が不要）高い接合強度で異種材料を接合できる。今回開発した接合技術による配線基板は、銅箔表面に凹凸が無いので、信号が銅配線の表面層を流れる高周波でも伝送距離の伸長がない。伝送損失が少ない優れた 5G 用プリント配線基板への応用が期待される。

FPC に使用するポリマー膜であるポリエステル膜表面には、紫外光照射による化学ナノコーティング技術を応用して酸素官能基を導入した。接合前後のポリマー膜と銅箔の詳細な表面分析による接合機構解析の結果をフィードバックすることで、銅箔と反応性の高い表面化学構造を構築できた。酸素官能基導入技術は、ポリエステル膜と酸化剤を共存させて紫外光を照射することで、ポリエステル膜表面に共有結合で強固に固定された水酸基などの酸素官能基を効率的に導入できる。従来の酸素官能基導入技術には酸素プラズマ処理、オゾン処理、コロナ放電処理などがあるが、大型装置の利用、ポリマー膜へのダメージ、表面改質特性の経時的変化などの課題があった。それに対して、今回開発した化学ナノコーティング法は、簡便な装置で効率よく酸素官能基を導入でき、使用する酸化剤も少なく、表面改質特性の持続時間が長い。

¹ 2019 年 3 月、産総研 HP より

https://www.aist.go.jp/aist_j/press_release/pr2019/pr20190312_2/pr20190312_2.html

酸素官能基化したポリエステル膜と銅箔をヒートプレスすると、ポリエステル膜表面に多数存在する酸素官能基と銅が化学反応により強固に結合するため、接着剤フリーで高強度の接合が実現した。

従来法との接合強度の比較と、今回の接合様式を示す。多数の酸素官能基が銅箔とダイレクトに結合しているため、接合の強さを示す剥離強度の開発目標値（JPCA 規格：0.7 N/mm 以上）をクリアできた。

第4節 5G 通信向けの特許出願動向、特許訴訟、特に注目する市場支配技術や必須・周辺特許

1. 5G 通信向けの核心技術を含む技術区分の特許出願動向（注目する市場支配技術や必須・周辺特許）

5G 製品及び技術開発の動向を分析するため、5G ならではの技術に対する特許出願動向の分析結果¹を用いて実施した。

(1) 特許出願件数が多い技術区分

5G の 3 つの機能（高速・大容量、低遅延、多数同時接続）の実現に資する無線系技術で、基地局へ搭載される可能性が高い 15 個の核心技術についての特許出願動向を、図 3- 3～図 3- 7 に示す。

図 3- 3 に示す NOMA、MIMO²、OFDM³は、無線電波の送受信に関連する核心技術で、NOMA は 5G から採用、MIMO、OFDM は 5G で大幅に方式変更を行った技術で、特に、1 桁以上の高速・大容量化の実現に資する核心技術となっている。

3 技術全てで Huawei がトップで、特に、OFDM は高い特許件数比率となっている。

日本企業では、NTT DOCOMO と SONY は 3 技術共 10 位以内に入っている。

なお、OFDM は直交周波数分割多重で、IFFT（逆フーリエ変換）で変調し、FFT（フーリエ変換）で復調する仕組みである。5G では F-OFDM、CP-OFDM などの信号波形など新たな方式が特徴となっている。

非直交アクセス制御(NOMA)			MIMO			OFDM		
順位	出願人	件数	順位	出願人	件数	順位	出願人	件数
1	HUAWEI	96	1	HUAWEI	71	1	HUAWEI	59
2	NTT DOCOMO	51	2	NOKIA	68	2	SAMSUNG	57
3	QUALCOMM	45	3	NTT DOCOMO	61	3	QUALCOMM	28
4	LG	37	4	東南大学	58	3	NOKIA	22
5	SONY	36	5	SAMSUNG	55	5	ERICSSON	19
6	ZTE	35	6	QUALCOMM	47	6	ZTE	18
7	FUJITSU	26	7	ERICSSON	47	6	INTREDIGITAL	13
8	ERICSSON	25	7	SONY	37	8	NTT DOCOMO	12
9	重慶郵電大学	22	7	LG	34	8	SONY	12
10	SHARP	21	10	北京郵電大学	22	8	Orange	12
	その他	392		その他	500		その他	96
	総計	786		総計	1,000		総計	438

MIMO(Multiple-Input and Multiple-Output):複数アンテナによる通信品質向上技術
OFD(Orthogonal Frequency Division Multiplex):直交周波数分割多重方式

図 3- 3 5G 基地局の無線系核心技術の特許出願動向（無線電波の送受信）

図 3- 4 に示すフレーム構成、無線リソース管理、C/U 分離は、特に無線階層の制御に関連する核心技術で、5G では、よりきめ細かい制御が可能とする大幅に方式変更を行った技術で、3 つの機能全てについて実現に資する核心技術となっている。

¹ サイバー創研「5G に資する特許出願・寄書提案に関する調査報告書（第 3.1 版）」の第 2 章 5G 必須特許の分析、2021.6.1 改定

² multiple-input and multiple-output

³ Orthogonal Frequency Division Multiplexing

フレーム構成では、ブランクサブフレーム、コンパチブルフレーム構成、Self-ContainedTDD サブフレーム、スロット構成など、無線リソース管理では、無線リソースの割当・予約・変更などの無線リソース管理全般、スロットスケジューリングなどのスケジューリング全般にわたり方式変更が行われている。

C/U 分離では、マルチ接続において CP（コントロールプレーン）と UP（ユーザプレーン）を分離し、異なるノード（基地局）に CP や UP を割当てるとなど、より柔軟な運用を可能とする方式となっている。

無線リソース管理は、最も出願件数が多く、多様な工夫がなされている技術領域となっている。

フレーム構成、無線リソース管理は、Qualcomm が他社を圧倒しており、5G チップ供給のトップシェア企業であることを陽に示している。

日本企業では、NTT DOCOMO の頑張りが見て取れる。

フレーム構成			無線リソース管理			C/U分離		
順位	出願人	件数	順位	出願人	件数	順位	出願人	件数
1	QUALCOMM	125	1	QUALCOMM	320	1	NOKIA	12
2	NTT DOCOMO	65	2	HUAWEI	224	2	HUAWEI	11
3	HUAWEI	55	3	LG	147	3	ERICSSON	10
4	LG	51	4	ERICSSON	141	4	INTEL	8
5	INTEL	36	5	NTT DOCOMO	115	5	FUJITSU	7
6	ERICSSON	32	6	SAMSUNG	94	6	NEC	6
7	SAMSUNG	23	7	OPPO	87	7	ZTE	4
8	NOKIA	21	8	NOKIA	85	7	Panasonic	4
9	SHARP	17	9	ZTE	76	7	CISCO	4
10	ZTE	16	10	INTEL	51	7	LG	4
	その他	173		その他	540		その他	26
	総計	614		総計	1,880		総計	96

図 3- 4 5G 基地局の無線系核心技术の特許出願動向（無線階層の制御）

図 3- 5 に示す Unlicensed 動作、D2D、V2X は、特に無線の用途拡大に関連する核心技术で、Unlicensed 動作は免許不要バンドの利用、D2D では端末数の増大対応、V2X では車における高品質と低遅延対応など、大幅に方式変更を行った技術で、用途拡大に資する核心技术となっている。

Qualcomm と LG が 1 位 2 位をしめ、特に、LG は D2D、V2X で高い特許件数比率となっている。

日本企業では、Unlicensed 動作、D2D の NTT DOCOMO、V2X のトヨタ自動車などが 10 位以内となっている。

Unlicensed動作			D2D			V2X		
順位	出願人	件数	順位	出願人	件数	順位	出願人	件数
1	QUALCOMM	92	1	LG	129	1	LG	98
2	LG	81	2	QUALCOMM	72	2	QUALCOMM	58
3	HUAWEI	77	3	HUAWEI	62	3	INTEL	53
4	SAMSUNG	63	4	SAMSUNG	56	4	SAMSUNG	38
5	OPPO	60	5	NTT DOCOMO	45	5	HUAWEI	29
6	INTEL	59	6	OPPO	39	6	トヨタ自動車	23
7	ERICSSON	59	7	ERICSSON	34	6	NOKIA	23
8	NTT DOCOMO	46	8	INTEL	28	8	現代自動車	20
9	NOKIA	34	9	ZTE	20	9	ERICSSON	17
10	Langbo	27	10	NOKIA	19	10	百度在線網絡技術	12
	その他	263		その他	231		その他	369
	総計	861		総計	735		総計	740

D2D(Data to Data):近隣デバイス間の直接通信技術
V2X(Vehicle to everything):自動車とモノを繋げる無線通信技術総称

図 3- 5 5G 基地局の無線系核心技術の特許出願動向（無線の用途拡大対応）

ネットワークスライシング、Duplex、低遅延（図 3- 6）は、無線電波の送受信機能を、通信キャリアやアプリケーション等の用途層が、より使い易くするためのプラットフォーム機能としての核心技術となっている。

ネットワークスライシングは、物理的なネットワークを複数のキャリアやサービスで分離して、それぞれが求める性能を他のサービスなどから影響を受けることなく利用できるようにする技術で、Huawei が 2 位以下を大きく引き離し、約 3 割の特許件数比率となっている。設備共有のための核心技術として、これからのネットワークで重要性が増してくると考えられる。

Duplex は、各周波数ごとに、異なるデュプレックス方式（TDD、DL のみ、など）を適用するフレキシビリティを高める核心技術で、免許不要な周波数帯を含む選択や上下シンクの干渉対策技術などの要素技術を組み合わせて実現している。NTT DOCOMO が特許件数比率 1 位となっている。

低遅延は、種々の要素技術を組み合わせて実現している機能で、自動運転や遠隔医療などを支える核心技術として、これからのネットワークで重要性が増してくると考えられる。

Qualcomm が 2 位以下を大きく引き話し、2 割弱の特許件数比率となっている。

ネットワークスライシング			Duplex			低遅延		
順位	出願人	件数	順位	出願人	件数	順位	出願人	件数
1	HUAWEI	283	1	NTT DOCOMO	26	1	QUALCOMM	137
2	ERICSSON	77	2	QUALCOMM	21	2	HUAWEI	67
3	NTT DOCOMO	75	3	HUAWEI	20	3	LG	62
4	ZTE	55	4	ERICSSON	17	4	INTEL	49
5	NOKIA	52	5	LG	13	5	ERICSSON	46
6	中国移動通信	30	6	SAMSUNG	12	6	SAMSUNG	39
7	Deutsche Telekom	26	7	ETRI	11	7	NOKIA	39
8	AT&T	24	8	INTEL	8	8	NTT DOCOMO	32
9	NEC	24	8	NOKIA	8	9	ZTE	21
10	北京郵電大学	19	10	FUJITSU	3	10	SONY	16
	その他	350		その他	47		その他	229
	総計	1,015		総計	186		総計	737

図 3- 6 5G 基地局の無線系核心技術の特許出願動向（プラットフォーム機能）

図 3- 7 に、高周波数バンド動作、ランダムアクセス、参照信号の特許出願順位を示す。

高周波数バンド動作は、ミリ波帯などでの動作が特徴で、高速・広帯域を支える重要な核心技術となっている。Qualcomm、Intel など、上位企業の特許出願件数は拮抗している。

ランダムアクセスは、移動端末と基地局が上り信号との送信タイミング同期と接続を確立するための手順で、プリアンブル構成、RACH 手順など多くの仕組みを組み合わせた核心技術となっている。Huawei、Qualcomm など、上位企業の特許出願件数は拮抗している。

参照信号は、受信した無線電波の解読基点の取決めで、参照信号（パイロット、プリアンブル）の構成、送信方法などの仕組みを組み合わせた核心技術となっている。高速・広帯域、低遅延、多数同時接続を可能とするため、4G と比べ大幅に難易度が増し、重要な核心技術となっている。Qualcomm、Huawei、LG の上位 3 社が各特許件数比率 1 割以上となっている。

高周波数バンド動作			ランダムアクセス			参照信号		
順位	出願人	件数	順位	出願人	件数	順位	出願人	件数
1	QUALCOMM	45	1	HUAWEI	101	1	QUALCOMM	182
2	INTEL	40	2	QUALCOMM	100	2	HUAWEI	123
3	SAMSUNG	31	3	SAMSUNG	89	3	LG	119
4	HUAWEI	28	4	ERICSSON	82	4	ERICSSON	103
5	OPPO	27	5	LG	75	5	SAMSUNG	87
6	NOKIA	25	6	OPPO	51	6	NTT DOCOMO	81
7	ETRI	14	7	NTT DOCOMO	44	7	ZTE	50
8	Apple	12	8	NOKIA	33	8	INTEL	49
9	瑞声科技（中国）	11	9	INTEL	28	9	OPPO	41
10	INTREDIGITAL	10	10	ZTE	27	10	NOKIA	30
	その他	230		その他	374		その他	274
	総計	473		総計	903		総計	1,139

図 3- 7 5G 基地局の無線系核心技術の特許出願動向（その他の核心技術）

2. 無線通信技術の特許訴訟

5G を対象とした特許訴訟は、現在発生していない。

ここでは、3GPP の無線通信技術に関する特許訴訟で裁判が行われている事例を紹介する。

(1) 特許訴訟の流れ（概要）

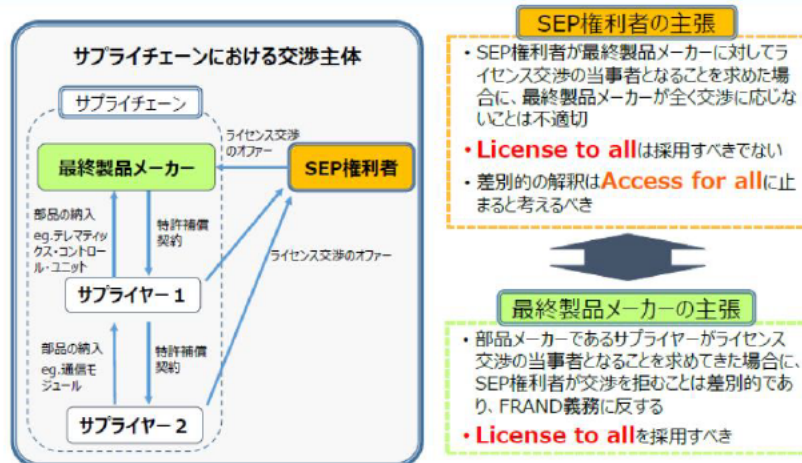
従来は、同業種（通信業界）に閉じて、訴訟の論点としては、①特定企業が技術を支配することに関する産業上の競争を妨げる観点からの独占禁止法にからむ論点、②それに起因し特許侵害について、特許の使用差し止めや、適性料率に関する論点、が中心であった。

近年は、通信業界と自動車産業界における特許訴訟において、異業種間取引の訴訟となっている。業界ごとのビジネススキームの違いから、下記の論点が整理されている¹。

主要な論点は、①ライセンス先の在り方（図 3- 8）、②ライセンス条件の在り方（非差別的）（図 3- 9）、③ライセンス交渉過程の在り方（図 3- 11）として整理されている。

①ライセンス先の在り方

- 業界慣行の違いもあり、異業種の権利者・実施者間で主張が対立。
- サプライヤーからの求めに応じて、SEP 権利者が当該サプライヤーに優先的にライセンスする義務（License to All の義務）が存在するか否か、という点について、ドイツ地裁が欧州司法裁判所への質問付託を決定していたが、当事者間での和解により取り下げられた。



（出典）「標準必須特許を巡る異業種間交渉について」（特許庁、令和 2 年 5 月 29 日）

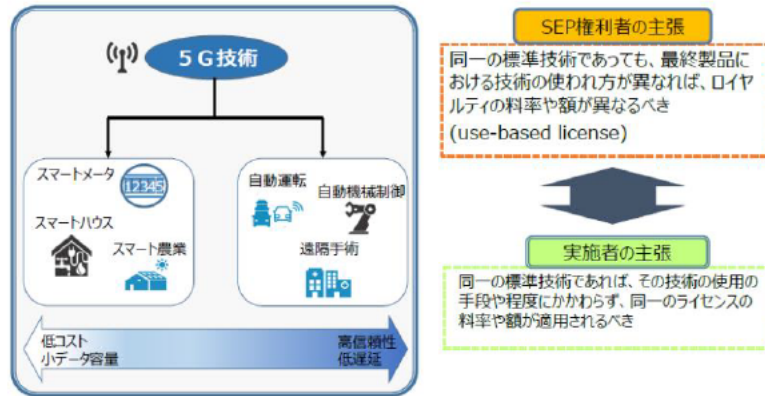
図 3- 8 標準必須特許のライセンスを巡る在り方 ①ライセンス先の在り方²

¹ 標準必須特許のライセンスを巡る取引環境の在り方に関する研究会（中間整理報告）、2021 年 7 月、経済産業省

² 標準必須特許のライセンスを巡る取引環境の在り方に関する研究会（中間整理報告）、2021 年 7 月、経済産業省

②ライセンス条件の在り方（非差別的）

- 同じ標準技術であっても、その用途に応じて異なるライセンス料等を適用することが、非差別的といえるか否か、という点について、権利者・実施者間で主張が対立。
- サプライヤーがライセンスを受ける場合には、最終製品に応じたライセンス料等の適用は困難であるとの見解もあり、ライセンス先や合理的なライセンス料の在り方に関する論点とも関係。

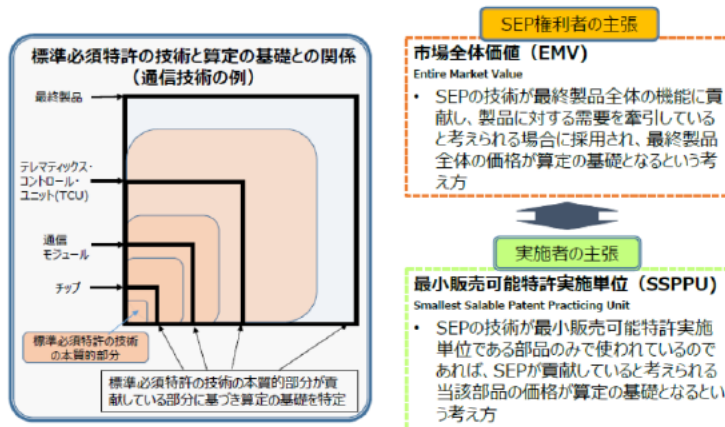


（出典）「標準必須特許を巡る異業種間交渉について」（特許庁、令和2年5月29日）

図 3- 9 標準必須特許のライセンスを巡る在り方 ②ライセンス条件の在り方（非差別的）¹

②ライセンス条件の在り方（合理的）

- 合理的なライセンス料の算定基礎として、標準規格が採用される最終製品全体の価格と、当該規格の技術が貢献していると考えられる部品（最小販売可能特許実施単位）の価格のいずれを採用すべきか、という点について、権利者・実施者間で主張が対立。
- S E P の技術の本質的部分が貢献している部分に基づき算定基礎を特定するという共通認識はある一方、過去の裁判例等では、合理的なライセンス料の算定方法は1つではなく、複数の方法があり得るという考え方が一般的。



（出典）「標準必須特許を巡る異業種間交渉について」（特許庁、令和2年5月29日）

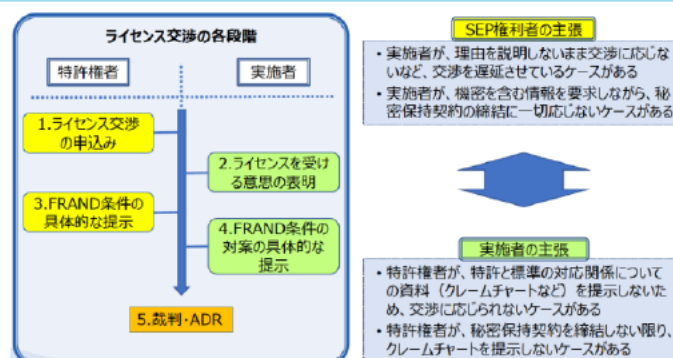
図 3- 10 標準必須特許のライセンスを巡る在り方 ②ライセンス条件の在り方（合理的）²

¹ 標準必須特許のライセンスを巡る取引環境の在り方に関する研究会（中間整理報告）、2021年7月、経済産業省

² 標準必須特許のライセンスを巡る取引環境の在り方に関する研究会（中間整理報告）、2021年7月、経済産業省

③ライセンス交渉過程の在り方

- FRAND条件で誠実にライセンスを受ける意思を有する実施者（willing licensee）に対しては、権利者によるSEPに基づく差止請求権の行使が制限されるという考え方が一般的。
- 誠実な交渉態度については、当事者（権利者・実施者）双方がライセンス交渉の各段階で取るべき対応を整理した欧州司法裁判所の予備的判決（CJEU判決）に基づく枠組みが有用とされている。その一方で、
 - CJEU判決には、当事者が提供すべき情報等が具体的に示されていないため、解釈の余地が大きく、当該判決の要件の具体化について、ドイツ地裁が欧州司法裁判所への質問付託を決定していたが、当事者間での和解により取り下げられた。
 - 英国最高裁は、CJEU判決の枠組みには状況に応じた柔軟性が組み込まれていると判示。ドイツ最高裁も、当該枠組みに則って検討を行いつつ、支配的地位の濫用に当たる行為は状況によって変わり得るとしている（ガイドラインと表現）など、具体的・明確な規律・ルールとはなっている訳ではない。



（出典）「標準必須特許を巡る特許庁の取組」（特許庁、第4回構想委員会、2021年2月25日）

図 3- 11 標準必須特許のライセンスを巡る在り方 ③ライセンス交渉過程の在り方¹

¹ 標準必須特許のライセンスを巡る取引環境の在り方に関する研究会（中間整理報告）、2021年7月、経済産業省

第4章 6G 通信（P5G 及び B5G を含む）向けの研究開発動向

P5G 及び B5G を含む 6G 通信（以下、6G）技術に関し、海外の注目すべき核心技術保有者の研究開発活動の動向を重点的に調査し、日本の動向と比較する。

第1節 6G 通信システムの構成要素、重要な要素技術の抽出整理、技術俯瞰表作成

1. 6G 技術俯瞰表

6G を構成する要素として、6G の主要技術の技術俯瞰表を、表 4- 1 に示す。

第2節のホワイトペーパーの調査分析結果を中心に製作した。

6G 構成要素技術は、5G までの無線を用いたネットワークに、光通信などの有線系のネットワーク、衛星や HAPS などの非地上系のネットワークなど、ネットワークレベルでの拡大に加え、エッジコンピューティングや時空間同期などネットワークと同等の位置づけで、ネットワークの機能を拡大できる技術を含んでいる。

なお、ネットワーク機能とは、5G からの延長としての、高速・大容量、低遅延、多数端末接続の3つに加え、低消費電力、安全・信頼性、自律性、拡張性が加わっている。

6G 高度化技術は、6G 構成要素技術を用いた 6G ネットワークの性能や機能を高度化させる技術を対象としている。具体的には、ネットワークの自律性や低消費電力など、ネットワーク運用のインテリジェンスを高める AI 技術、ネットワークが流通させるデータの安全性や価値を高めるブロックチェーン技術、6G ならではのネットワーク性能を活かしたメタバースなどの実現に資する VR/AR/MR などの技術が含まれる。

6G サービス技術は、6G ネットワークが支えるサービスの性能向上や負担の軽減などを可能とする補助的技術で、サービスに合わせたインクルーシブインタフェースや、利用者や用途を踏まえた、情報（IoT）の収集、集約、付加価値化などの実行環境を自動生成する 6G イネーブラーなどの技術が注目されている。

表 4- 1 6G の中核をなす主要技術の技術俯瞰表

技術区分	技術項目	技術概要
6G 構成 要素 技術	テラヘルツ波	5Gで用いられているミリ波より高周波数帯の電波を用いることで、更に高速・広帯域を実現する技術である。基盤となる技術は、測定分野などの他の産業領域で既に活用されており、これらの技術を6Gに適用することで、更なる高周波数帯への拡張を目指している。
	非地上通信	衛星だけでなく、HAPSやドローンなど、無線基地局を搭載できる空中浮遊物の技術の開発が進んでいる。大気による減衰や建物の遮蔽などを抑えることができる上空に基地局を配置することで、無線通信の更なる効率的な活用を目指している。
	体内外無線通信	人物を中心に据えた通信環境の提供を目指す
	全光通信	光のままでのルーチングなども可能とする全光通信は、光信号と電気信号との変換エネルギーの消費を抑えることができること、また無線と比べて高速・長距離、電磁誘導ノイズ耐性、傍聴耐性など、無線の弱点を補う機能が期待できる。このため、5Gと比較し数十倍のエネルギー消費が懸念される6Gにおける、省電力化課題の解決が期待されている。
	量子暗号・通信	量子力学の原理を活用して通信内容を秘匿化する量子暗号技術と、量子暗号化されたデータによる光通信技術を指す。量子暗号は、光の量子状態が観測によって歪むことを利用することで盗聴の有無を判別し、盗聴されていない公開鍵を用いて復号化する。光の量子状態は観測以外の要因でも歪むことから、量子状態の安定した伝送が課題となっている。
	時空間同期	無線通信技術に高精度時刻同期を持ち込むことで、送受信端間の遅延時間を待ち合わせ時間などを設けず確実に保証する技術である。6Gでは、低遅延かつ送受信時間の揺らぎを保証したサービス提供の切り札として、安価で超高精度の時空間同期の導入が期待されている。
	エッジコンピューティング (EC)	ECは、IoTなどで情報発生源の近くに信号処理部を配置して有効情報だけを送信することや、端末の移動やトラフィック流量の変化などに対応し最適化する役割も期待されている。6Gでは、ネットワークを構成する基盤、提供機能、利用産業などの多様化が更に進められることから、エッジでの更なる最適な組み合わせを実現するECが期待されている。
6G 無線 統合 技術	MIMO・ビームフォーミング	MIMO技術は、4G時代から複数の送信アンテナから同時にデータを送信しそのデータを複数の受信アンテナで受信する技術として用いられており、5Gではミリ波への対応やビーム制御技術が加えられて、進化している。6Gでは、離れたアンテナや衛星通信など更に高度な運用が必要とされている。
	ネットワークスライシング	ネットワークリソースの分割利用
	自律制御	主に、6G構成要素技術の自律的な構築、連携（イネーブラー）を実現する。
6G 高度化 技術	AI技術	AIの学習性能は日進月歩で進化しており、自然言語を対象とした領域も含め、AI技術が適用可能な利用形態が拡大してきている。一方、6Gネットワークは、ネットワーク構成要素の多様化に加え、医療・交通、農業など価値観の異なるサービスの提供が期待され、そのための最適なネットワーク運用を自動化するAI技術の活用が期待されている。
	xR技術	VR/AR/MRなどのリアリティ映像の技術は、空間同士をインタラクティブに繋ぐ究極のHMI技術として注目されている。6Gでは、超低遅延での遅延保証や遅延レベルの選択など地点間の距離を克服する目標が掲げられており、それらの機能を用いることで、空間をつなぐ三次元ホログラフィックライク通信の実現が期待されている。
	ブロックチェーン	ネットワーク連携におけるデータ・情報セキュリティ
6G サービス	センシング	新規
	スマートシティ	新規
	精密XX	新規
	医療関連ICT	新規
	M2M	5Gから継続
	V2X	5Gから継続
	IoT	5Gから継続

AI(Artificial Intelligence):人工知能
EC(Edge Computing IoT):端末近隣にサーバ分散配置する方式
M2M(Machine to Machine):機械(Machine)間直接通信技術
MIMO(Multiple-Input and Multiple-Output):複数アンテナによる通信品質向上技術
V2X(Vehicle to everything):自動車とモノを繋げる無線通信技術総称

6G の構築に資する技術として、表 4- 1 6G の中核をなす主要技術の技術俯瞰表に示したが、これらの技術を駆使して、目指す機能で、ネットワークの優劣を比較することとなる。総務省が目指している機能¹を表 4- 2 に俯瞰表として示す。

5G からの延長接上の高速・大容量、低遅延、多数同時接続がある。目標は、それぞれ 1 桁以上の性能向上を目指している。

新たな機能としては、低消費電力、安全・信頼性、自律性、拡張性がある。低消費電力は、増え続けるネットワークの消費電力を 1/100 に抑えることを目標とし、光通信技術や低消費電力半導体などのハードウェアだけでなく、AI 技術の採用も重要な目標となっている。

安全・信頼性は、災害影響や予兆情報によるネットワーク制御や、セキュアなデータマネジメントを可能とする目標で、情報流通社会基盤インフラとしての役割を明示した目標である。

自律性は、ネットワークの完全仮想化を目標としており、多様化するサービス・用途、多様化する IoT、情報要素、多様化するネットワーク、運用業種などの変化に追従し、用途に応じた適正なサブネットワークを、他のサービスと共存しつつ構築できる機能が目標である。ネットワークの自律・文宣・協調型制御やネットワーク要素のプログラマブル化/ソフトウェア化/仮想化などの技術が期待されている。

拡張性は、異なる通信システムや通信機能を持つシステムなどと連携し、何とでもどこでも繋がることを目標としている。衛星や HAPS、端末での中継、水中音波通信などの技術が期待されている。

表 4- 2 6G の優劣を分ける機能俯瞰表

分類	機能名	概要
5G の特徴的機能の更なる高度化	高速・大容量	5G の特徴的機能を更に高度化させ、「超高速・大容量」、「超低遅延」、「超多数同時接続」といった機能を具備することで、あらゆる場所からの膨大なデータを瞬時に正確に処理できるようになる。 具体的には、2030 年代に想定されるデータ通信量や通信機器数を踏まえると、アクセス通信速度と同時接続数は 5G の 10 倍、コア通信速度は現在の 100 倍が目標となる。また、上記の CPS の高精度な同期を実現するためには、5G の 1/10 の低遅延とそれを補完するネットワークの高度な同期が必要と考えられる。
	低遅延	
	多数同時接続	
求められる新たな機能	低消費電力	低消費電力化の技術開発がなされない場合、2030 年の IT 関連の電力消費量は 2016 年の 36 倍（現在の総電力消費量の 1.5 倍）となると考えられる。 こうした電力消費量の大幅な増加に余裕を持って対応するため、現在の 1/100 程度の消費電力に抑えることを検討する必要がある。
	安全・信頼性	利用者が意識しなくてもセキュリティやプライバシーが常に確保され、災害や障害の発生時でもサービスが途絶えず、瞬時に復旧する機能。
	自律性	AI 技術等を活かし、人手を介さず（ゼロタッチ）、あらゆる機器が自律的に連携し、有線・無線を意識せず即座に利用者のニーズに合わせて最適なネットワークを構築する機能。
	拡張性	端末や基地局が、衛星や HAPS（High Altitude Platform Station）等の異なる通信システムとシームレスに繋がり、また、端末や窓など様々なものも基地局とすること（ユビキタス基地局）で、至る所にある機器が相互に連動しつつ、海、空、宇宙を含むあらゆる場所で通信を利用可能とする機能。

HAPS(High Altitude Platform Station):高高度基盤ステーション

第2節 6G 通信向け研究開発の動向、主要な要素技術に着目した重要性・競争優位性の分析

1. 企業広報等による、核心技術として注目する技術の分類・整理

企業との技術開発のアクティビティは、プレスリリースとして公開され、マスコミにより重要性が評価され、スクリーニングされた重要と思われる技術、企業などの情報が記事となっている。本調査では、

6G 関連の記事は、2021 年に集中している。

また、各技術は、基地局や、端末、半導体などの適用対象の分類、部品・部材、素子、システム、アンテナなど役割に関する分類で分析整理した。

具体的には、日本経済新聞で、2015 年から記事として取り上げられた 6G 通信の技術に関して、海外及び、日本の核心技術候補の保有者と、保有技術を、記事一覧として表 4- 3 に示す。この一覧には、展示会や学会などで話題を呼んだ技術や、企業の報道発表を基にした技術が含まれている。

表 4- 3 6G 関連技術として掲載された新聞記事一覧（調査期間：2015 年～2021 年 9 月）

項番	適用	役割	注目	技術名	企業名	国籍	掲載日	記事タイトル
1	網	宇宙・空	★	宇宙通信	米テスラ	米	2021/6/30	宇宙通信を商用化 マスク氏「50万人に提供」
2	網	宇宙・空	●	宇宙用光通信技術	NTT、スカパーJ	日	2021/5/19	NTTとスカパーJ、宇宙でデータ処理 電力消費削減
3	網	宇宙・空	●	5Gマイクロ波給電	筑波大学	日	2021/7/12	ドローンにワイヤレス給電、5Gマイクロ波で 筑波大学
7	網	検査		検証技術	NEC、富士通	日	2021/8/19	NECと富士通、「ポスト5G」検証技術で連携
9	基地局	宇宙・空	●	HAPS基地局	蘭エアバス、ドコモ、ノキア	蘭	2021/2/1	エアバス・ドコモ・ノキア、「空飛ぶ基地局」で共同研究
10	基地局	宇宙・空		宇宙・空基地局	米スペースX	米	2021/1/23	宇宙・空にネット「基地局」、世界中に通信環境
42	端末	部品・部材	●	スマホ省電力化技術	村田製作所、米Etaワイヤレス	米	2021/9/3	技術競争に備え 村田製作所が米社買収、省電力化で先手
43	端末	部品・部材	●	スマホ放熱部品	村田製作所、台クーラーマスタ	台	2021/9/10	村田製作所、世界最薄の放熱部品を開発 5Gスマホ向け
57	半導体	素子	●	2ナノ半導体	米IBM	米	2021/5/7	米IBM、2ナノ半導体を開発 24年末に量産へ
59	半導体	素子	●	P5G向け半導体	キオクシア、ソシオネクスト	日	2021/6/20	ポスト5G半導体開発 経産省、キオクシアなど100億円
63	半導体	素子	●	光通信用半導体	富士通、NTT、日本電気	日	2021/4/24	NTT、「電電ファミリー」で6G開発 富士通とも提携
69	半導体	部品・部材	●	ミリ波対応部品	村田製作所	日	2021/1/30	5G向け好調の村田製作所が狙う、次の「収穫」
71	半導体	部品・部材	●	窒化ガリウム基板	日本製鋼所、三菱ケミカル	日	2021/6/16	日本製鋼所と三菱ケミ、次世代半導体基板の量産にメド
80	半導体	製造		半導体開発	米Apple	米	2021/3/10	Apple、ドイツでの半導体開発強化 3年で1300億円投資

HAPS：高高度疑似衛星

P5G：ポスト5G

この中で、海外の注目すべき核心技術候補と、その保有者としては、日本企業が海外の企業が持つ技術を活用する観点で、海外企業との連名記事が注目される。具体的には、米テスラの宇宙通信、蘭エアバスの HAPS（高高度プラットフォーム：High Altitude Platform Station）、米 Apple の半導体自主開発、米 Eta ワイヤレスのスマホ省電力化技術、台クーラーマスタのスマホ放熱部品がある。

これらの技術は、海外企業が保有する技術が優れており、活用することで競争力を維持・向上させようとしている技術と捉えることができる。

これに対し、記事の内容から、NTT、スカパーJSAT の宇宙用光通信技術、ドコモと AGC の巻ける 5G アンテナ、村田製作所の MLCC（積層セラミックコンデンサ）、住友電工の窒化ガリウム半導体は、日本企業が保有する核心技術候補と考えられる。

2. 注目する技術の研究開発状況、技術保有者の詳細について分類・整理

(1) 偏波 MIMO 対応ミリ波フェーズドアレイ無線機¹

国立大学法人東京工業大学 工学院 電気電子系の岡田健一教授と、日本電気株式会社は共同で、第 5 世代移動通信システム (5G) [用語 1] の高度化に向けた偏波 MIMO [用語 2] に対応するミリ波 [用語 3] 帯フェーズドアレイ [用語 4] 無線機を開発した。同じ周波数帯域幅で比較すると、従来に比べ、通信速度を二倍にすることが可能である。

要点は、①256 QAM 変調による偏波 MIMO に世界で初めて、②アクティブキャンセル技術により単一のアンテナ素子で二信号の同時送受信が可能、③安価で量産可能なシリコン CMOS 集積回路チップを搭載したミリ波無線機を実現となっている。

5G では、ミリ波帯の周波数を用いて通信速度の向上を図っているが、さらなる高速化のための方法の一つが、単一のアンテナから二つの独立した偏波 [用語 5] 信号を送受信する偏波 MIMO である。しかし従来の回路方式では、二つの偏波信号が混信し、信号品質が劣化するため、十分に通信速度を向上させられなかった。

本研究では、偏波信号間の混信を無線機回路内で打ち消すことにより、信号品質を改善し、通信速度を向上させる新たな回路方式の開発に成功した。この回路方式による 28 GHz 帯フェーズドアレイ無線機を製作したところ、変調精度 (EVM) [用語 6] を 7.6 % から 3.2 % へ改善し、256 QAM [用語 7] による偏波 MIMO での通信に世界で初めて成功した。この無線機は、安価なシリコン CMOS (相補型金属酸化膜半導体) プロセスで製作された。今回開発した回路は、5G 向けの各種無線通信機器に搭載可能で、高い周波数利用効率と装置の小型化を両立し、ミリ波帯の 5G の普及や高度化を加速させる成果といえる。

5G の高度化に向けた課題としては、従来のマイクロ波帯での通信と異なり、ミリ波帯では送受のアンテナ間に遮蔽物のない見通し通信が行われる。このため、マイクロ波帯で通信速度向上のために用いられる MIMO 技術は、ミリ波帯では必ずしも利用することができない。そのため、偏波を用いることで見通し間でも MIMO を可能とする、偏波 MIMO 技術が注目を浴びている。

偏波 MIMO では、一つのアンテナにおいて水平と垂直の直交する二つの偏波信号を発生させる。しかしながら、単一のアンテナから異なる二つの信号を放射するため、両者の分離が難しく、また集積回路チップ内やプリント基板上の配線でも信号が混信する。特に周波数帯域幅が広がるほど混信を防ぐのが困難となる。

研究グループは、従来の回路方式で問題となっていた偏波信号間の混信を無線機回路内で打ち消すことにより、信号品質を改善し、通信速度を向上させる新たな回路方式の開発に成功した。具体的には、信号漏洩を検出する回路と、高精度補償を可能とするアクティブキャンセル回路を無線機内に内蔵することにより、偏波補償回路を実現した。5G では広帯域信号を扱うため、デジタル信号処理で偏波漏洩を一括して補償することが難しいため、高周波回路部でのアクティブキャンセルを行うことで、高精度な補償と、偏波の任意角での回転を可能とした。

¹ <https://www.titech.ac.jp/news/2020/047159>

この新しい回路方式を用いた偏波 MIMO 対応フェーズドアレイ無線機を示す。この無線機では、最小配線半ピッチ 65 nm (ナノメートル) のシリコン CMOS プロセスで、16 平方 mm の小面積に、水平偏波用に 4 系統分、垂直偏波用に 4 系統分のトランシーバを搭載している。

(2) 原子時計のチップ化技術¹

NICT では、最も安定したクロック装置の一つである原子時計をチップ化する技術開発を進めている。

これを機器類に搭載することができれば、センサと組み合わせて、スタンドアローンでの位置同定・時刻同定が可能となり、さらに、近接するデバイス間での無線通信による時刻合わせやポジショニング、複数のデバイス間での絶対時刻推定のアルゴリズムの開発など、多くの研究が進捗しており、上記の位置・時刻情報による機器類への ID 強化に大きな貢献が期待される。これにより、ネットワークの高速化・低遅延化における「リアルタイムという時間の壁」の克服、ユーザデバイスの同定と把握による「位置空間情報の完全把握という壁」の克服が期待できる。

これらの開発領域は、高い技術集約を必要とし、高精度の電子時計と、プラットフォームのクラウド技術と相互補完して、我が国が競争力を発揮すべき領域と考えられている。

(3) テラヘルツ波無線通信用シリコン CMOS 集積回路²

NICT と広島大学、パナソニック株式会社は、シリコン CMOS 集積回路を利用した 300GHz 帯の無線送受信機を開発した。

この研究では、周波数変換器と高出力の局部発信信号逡倍回路を組合せ、高い周波数特性を実現している。

この技術は、更なる高速・大容量通信の無線技術として期待されている。

(4) 宇宙用光通信技術

NTT とスカパー J SAT は、宇宙でデータ処理を行うことで、電力消費を削減する上でカギを握る、宇宙用光通信技術の開発を進めている。地上の自動車や発電所から得たデータを衛星間で処理をして、効率的な運転につながる情報にして戻す。宇宙空間で地

¹ https://www.nict.go.jp/data/nict-news/NICT_NEWS_2021-490_J.pdf

² https://www2.nict.go.jp/ttrc/image/NICT_NEWS_2020-481_J_hara-san.pdf

上のデータセンタの役割を担うことになる。同社の光通信技術はデータ伝達の電力消費を無線に比べ 100 分の 1 に抑えられる。地上での電力消費も減り、地球環境への負荷を抑えられる。衛星の運用ノウハウを持つスカパーJSAT ホールディングスと提携し、2022 年から実証実験を始め、25 年に商用衛星を打ち上げて 26 年のサービス開始を目指す。将来的には衛星を数百基程度運用することを想定している。

(5) 窒化ガリウム基板の量産化技術

日本製鋼所と三菱ケミカルは、次世代半導体基板の量産にメドが立ったと発表している。データセンタ向けなど高速通信規格「5G」の需要拡大を見込み、30 年度に数十億円規模のビジネスに育てる。窒化ガリウム基板は従来のシリコン製の半導体基板に比べて電力損失が少なく、耐久性が高い。電力を制御するシリコン基板を窒化ガリウム製に置き換えれば約 10%の消費電力の削減につながるとされる。

3. 6G ホワイトペーパー (WP) による核心技術として注目する技術の分類・整理

6G 通信 (B5G、P5G) については、標準化団体や、主要な企業、研究機関が、目指すべきサービス、ネットワーク、技術開発項目などの観点で、多くのホワイトペーパーを公開している。

到達レベルは、区々と考えられると、ホワイトペーパーに記載内容を基に、6G 通信システムの構成要素、重要な要素技術の抽出整理を行った。

6G 通信 (B5G、P5G) のホワイトペーパーの調査対象組織と調査文書等を表 4- 4 に示す。また、調査文書に記載されている 6G で目指すべき技術要素として抽出、分類した結果を表 4- 5 に示す。

26 個の要素技術候補を抽出している。以下に、要素技術候補と 6G で期待される機能の組合せを示す。

- ◆テラヘルツ、◆仮想大規模 MIMO (mMIMO)、オール光ネットワーク
- ◆固定/モバイル連携 ◆Anything Reality (XR) : VR/AR
- ◆low-latency guarantees/ end-to-end view 超低遅延
- ◆ネットワーク内コンピューティング 超低遅延 超多数同時接続”
- ◆広域カバレッジ 超多数同時接続
- ◆小データ送信 (5G ライト) 超多数同時接続
- ◆センシング 超多数同時接続
- ◆省電力デバイス 超低消費電力
- ◆ゼロエネルギーデバイス 超低消費電力
- ◆新アンテナ 超低消費電力
- ◆UE Energy Efficiency (EE) 超低消費電力
- ◆ネットワーク Energy Efficiency (EE) 超低消費電力
- ◆データシェアとセキュリティ/プライバシー (ブロックチェーン) : 分散データセキユア管理
- ◆多様な接続性確保 : エンド-エンド NW の多元化
- ◆機密コンピューティング (量子暗号) ◆Cognitive networks
- ◆Intelligent operation network (ION) ◆Network adaptability

- ◆Digital twins (DT) ◆Space-terrestrial integrated network (STIN)
- ◆Edge computing ◆AI ◆スペクトル共有

提案組織が多い技術には、◆テラヘルツ、◆low-latency guarantees/ end-to-end view、◆データシェアとセキュリティ/プライバシー（ブロックチェーン）：分散データセキュア管理、◆多様な接続性確保、◆AI がある。

表 4- 4 6G 通信 (B5G、P5G) のホワイトペーパーの調査対象組織と文書等

分類	組織	公表文書	リンク
B5G/6G	ITU-T	ITU-T Network 2030 : A Blueprint of Technology, Applications and Market Drivers Towards the Year 2030 and Beyond	https://www.itu.int/pub/T-FG-NET2030-2019 https://www.itu.int/pub/T-FG-NET2030-2020-SUB.G1
	IEEE	IEEE International Network Generations Roadmap -2021 Edition-Executive Summary	https://futurenetworks.eee.org/images/files/pdf/INGR_2021_Edition/IEEE_INGR_Executive_Summary_2021Ed.pdf
	総務省	Beyond 5G 推進戦略 ー 6G へのロードマップー	https://www.soumu.go.jp/main_content/000696613.pdf
	総務省	ワイヤレス分野における戦略的技術ロードマップ策定に向けた調査検討	https://www.soumu.go.jp/main_content/000696613.pdf
	技術情報協会	書籍	https://www.gijutu.co.jp/
	NTT DOCOMO	ホワイトペーパー 5G の高度化と 6G	https://www.nttdocomo.co.jp/binary/pdf/corporate/technology/wh_tepaper_6g/DOCOMO_6G_Wh_te_PaperJP_20210203.pdf
	米国 Next G Alliance	ATIS' Next G Alliance Announces Leadership; Starts Work on North American 6G Roadmap	https://nextgalliance.org/
	Ericsson	Ever-present intelligent communication A research outlook towards 6G.	https://www.ericsson.com/en/reports-and-papers/white-papers/a-research-outlook-towards-6g
	vivo	6G Vision, Requirements and Challenges	https://www.telepolis.pl/images/2020/12/6G-Vision-Requirements-and-Challenges-vivo.pdf
	Samsung	6G The Next Hyper Connected Experience for All.	https://cdn.codeground.org/nsr/downloads/researchareas/20201201_6G_Vis on_web.pdf
	Univ. Oulu,フィンランド*	WHITE PAPER ON RF ENABLING 6G – OPPORTUNITIES AND CHALLENGES FROM TECHNOLOGY TO SPECTRUM : 6G Research Visions, No. 13 April 2021	https://www.oulu.fi/6gflagship/6g-white-paper-rf-spectrum http://jultika.oulu.fi/files/isbn9789526223544.pdf
3GPP Rel-17/18	3 GPP	Presentations and White Papers	https://www.3gpp.org/
	Ericsson	5G wireless access: an overview	https://www.ericsson.com/en/reports-and-papers/white-papers/5g-wireless-access-an-overview

表 4- 5 調査対象組織が提案している重要な要素技術候補

項目	要素技術候補	カテゴリー	ITU-T	IEEE	総務省 B5G 推進戦略	技術情報協会	総務省 ロードマップ	NTT DOCOMO	米国 Next G Alliance	欧州 Eriksson	中国 vivo	中国研究連合 (原研)	韓国 Samsung	Univ. Oulu, フィンランド	3GPP	Eriksson	提案編 掲載	
																		Rel-17
1	◆テラヘルツ	超高速・大容量		●	●	●	●	●	●			●	●	●	●	●	●	11
2	◆超高速大容量(MIMO) (mmWave)	超高速・大容量 超多数同時接続			●		●	●		●					●	●	●	6
3	オール光ネットワーク	超高速・大容量			●							●						2
4	◆超高速/モバイル連携	超高速	●		●			●		●								4
5	◆Anything Reality (XR) : VR/AR	超高速	●		●	●	●				●	●				●	●	8
6	◆low latency guarantees/ end-to-end view	超高速	●		●	●	●	●		●	●				●	●	●	10
7	◆ネットワーク内コンピュー ティング	超高速 超多数同時接続			●		●											2
8	◆広域カバレッジ	超多数同時接続					●	●			●				●	●	●	6
9	◆小データ送信 (5Gライト)	超多数同時接続									●				●	●	●	3
10	◆センシング	超多数同時接続	●		●	●	●		●	●					●			7
11	◆省電力デバイス	超高速消費電力			●		●							●	●		●	4
12	◆ゼロエネルギーデバイス	超高速消費電力					●			●								2
13	◆新アンテナ	超高速消費電力					●					●	●					4
14	◆UE Energy Efficiency (EE)	超高速消費電力									●				●	●	●	3
15	◆ネットワークEnergy Efficiency (EE)	超高速消費電力		●	●			●	●						●	●	●	6
16	◆データシェアとセキュリティ/ プライバシー (ブロックチェー ン) : 分散データセキュリティ管理	超安全・信頼性		●			●		●	●	●	●		●				9
17	◆多様な信頼性確保: エンド・エ ン・to・NWの多様化	超安全・信頼性						●		●	●		●	●	●	●	●	9
18	◆超高速コンピューティング (機 器番号)	超安全・信頼性			●													1
19	◆Cognitive networks	自律性			●		●			●		●	●			●	●	6
20	◆Intelligent operation network (ION)	自律性	●		●			●										3
21	◆Network adaptability	拡張性						●		●				●		●	●	5
22	◆Digital twins (DT)	拡張性	●	●	●					●	●							5
23	◆Space-terrestrial integrated network (STIN)	拡張性	●	●	●	●	●			●						●	●	6
24	◆Edge computing	拡張性	●	●		●	●	●						●				6
25	◆AI	拡張性		●		●	●		●	●	●	●	●	●				9
26	◆スベクトル共有	拡張性					●		●				●			●	●	4

第3節 日本の6G向け核心技術とその保有者について、そのレベルを海外と比較して評価

ITU-T、IEEEなどの標準化団体、NTTドコモ、Ericsson、Samsungなどの主要通信企業などの6Gに関するホワイトペーパーで取り上げている新たな通信技術として、テラヘルツ、衛星光通信に関して日本の核心技術とその保有者、海外との比較を以下に示す。

1. テラヘルツ通信技術

6Gではより高速・広帯域を目指しテラヘルツを用いる提案がなされている（第4章第2節のホワイトペーパー参照）。

テラヘルツ実現技術には、出願件数の多さ、技術領域の広がりから、①能動アンテナ、②スペクトラム拡散技術、③無線NW適合装置/端末、④小規模NW、⑤ラジオ over ファイバ、⑥無線R割当/品質基準、⑦NW設計/周波数帯共有、⑧偏波・指向性ダイバーシティ、⑨アンテナ配列/同一方向、⑩レーザ/放射線の強度/周波数/移相/偏光/方向の制御、などが重要となっている。

日本企業は、図4-1に示すように、①能動アンテナ、④小規模NW、⑤ラジオ over ファイバ、⑥無線NW適合装置/端末、⑩レーザ/放射線の強度、周波数、位相、偏光、方向の制御への出願があり、特に、④小規模NW、⑩レーザ/放射線の強度、周波数、位相、偏光、方向の制御は、日本のみの出願となっている。

また、①能動アンテナは、日本企業の8社が出願しており、全体の約半分を占めている。

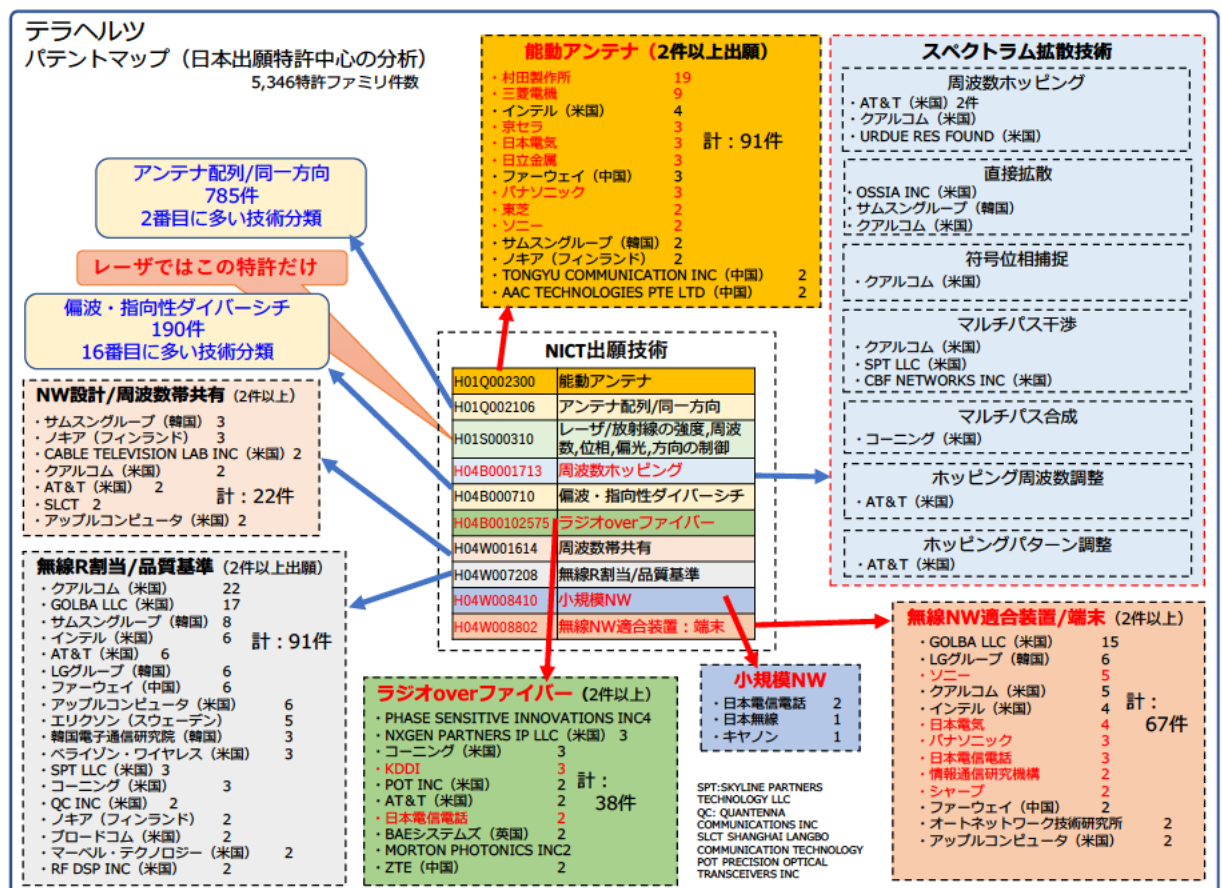


図 4- 1 テラヘルツの主要技術と、主要技術への特許出願人

2. 衛星光通信技術

光を用いた衛星通信は、大容量通信回線の実現が期待される。軌道を高速に異動する衛星を用い、揺らぎのある宇宙区間を用いる通信では、その品質確保のため、図 4- 2 に示す 4 つの技術が核心技術候補と考えられる。

特に、通信大容量化技術として、注目されている技術には、アップリンク光行差の波面補償技術がある。

このアップリンク光行差の波面補償技術の実現方式には、別の光源を使用する方法として、レーザガイドスター使用、先行進行衛星使用、ダウンリンク光を使用する方法として、最大揺らぎ大気層補償法、送受信径路が同じ場合の補償法、可変形鏡補償法が提案されている。

この内、可変形鏡補償法は、NICT の開発技術で、広い視野角を持つ単一の波面センサ、または複数の波面センサを用いて受信光（ダウンリンク）の波面誤差を測定し、送信光（アップリンク）用の可変形鏡で波面誤差を最小とるように事前補償を行う方法で、コストパフォーマンスに優れ、高い補償効果が得られること、適応対象に制限がないこと、で高い評価を得ている。

可変形鏡補償法の、イメージ図を図 4- 3 に示す。

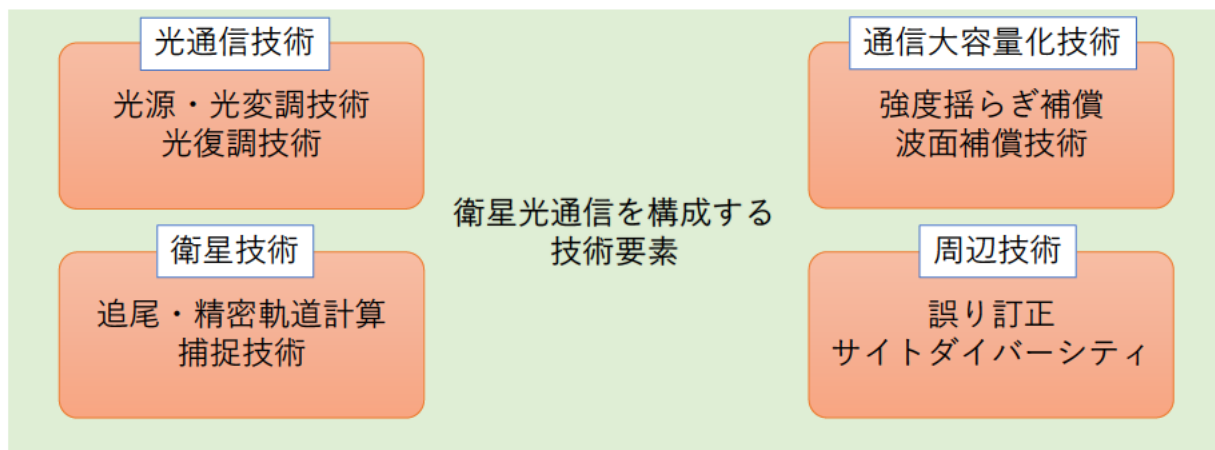


図 4- 2 テラヘルツの主要技術と、主要技術への特許出願人

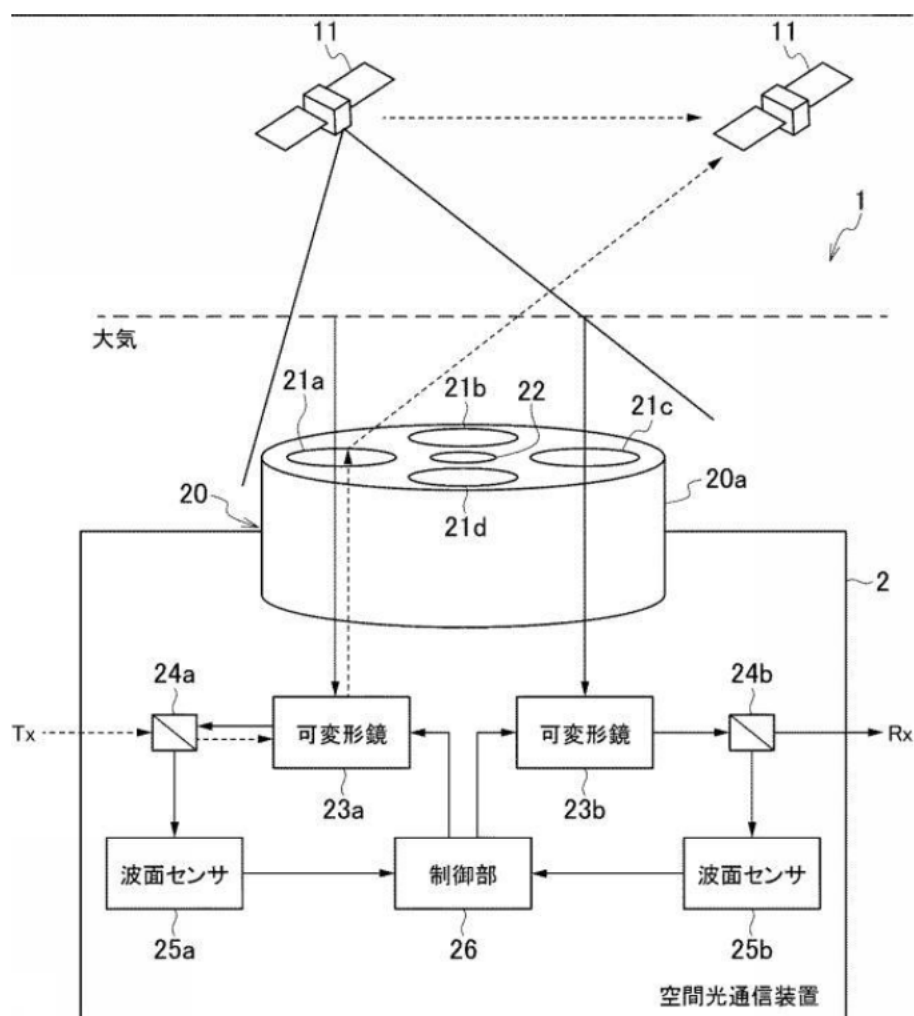


図 4- 3 空間光通信装置及び方法（アップリンク波面補償技術）¹

¹ 知財ポータル「IP Force」HP（特許 6920710）より
<https://ipforce.jp/patent-jp-B9-6920710>

第4節 特に注目すべき核心技術保有者の整理(キーとなる装置・部品・素材の予測分析)

1. アンテナアレイ（テラヘルツ）の核心技術保有者の整理

テラヘルツの核心技術の候補として、アレイアンテナが注目されている。

アレイアンテナを実現する技術としては、①取付手段：構造上の結合、②構造上の結合：受信機含む、③輻射器形状：電層形成、④アンテナ間の減結合手段、⑤放射開口エネルギー分布変更、⑥エネルギー分布変更：位相：電気的手段、⑦共振アンテナ、⑧アンテナ配列、⑨アンテナ配列：同一方向配列、⑩同一方向配列：直線/近接、⑪異方向偏波アンテナ単位組合せ、がある。

世界の上位24社までの出願技術の比較したレーダチャートを、図4-4、図4-5、図4-6に示す。

出願人は、下記の順である。

サムスングループ（韓国）	271
インテル（米国）	114
アップルコンピュータ（米国）	111
シャープ	109
AAC TECHNOLOGIES PTE LTD（中国）	105
ファーウェイ（中国）	87
村田製作所	76
LG グループ（韓国）	72
クアルコム（米国）	70
ボーイング（米国）	68
エリクソン（スウェーデン）	63
KYMETA CORP（米国）	61
レイセオン・テクノロジー（米国）	60
AT&T（米国）	59
ソニー	58
パナソニック	48
ノキア（フィンランド）	41
日本電信電話	38
三菱電機	38
日本電産エレシス	32
ヴィアサット（米国）	30
デンソー	29
日本電気	20
富士通	20

日本企業には、シャープ、村田製作所、ソニー、パナソニック、日本電信電話、三菱電機、日本電産エレシス、デンソー、日本電気、富士通の10社が入っており、また、シャープや村田製作所は示すように、企業毎に得意の技術を有している。

得意分野を有する日本企業は連携し、トータルとして優位となれるよう、連携を推進する施策が重要と思われる。

米国企業は、8社が入っており、日本と同様の施策が有効となる可能性がある。

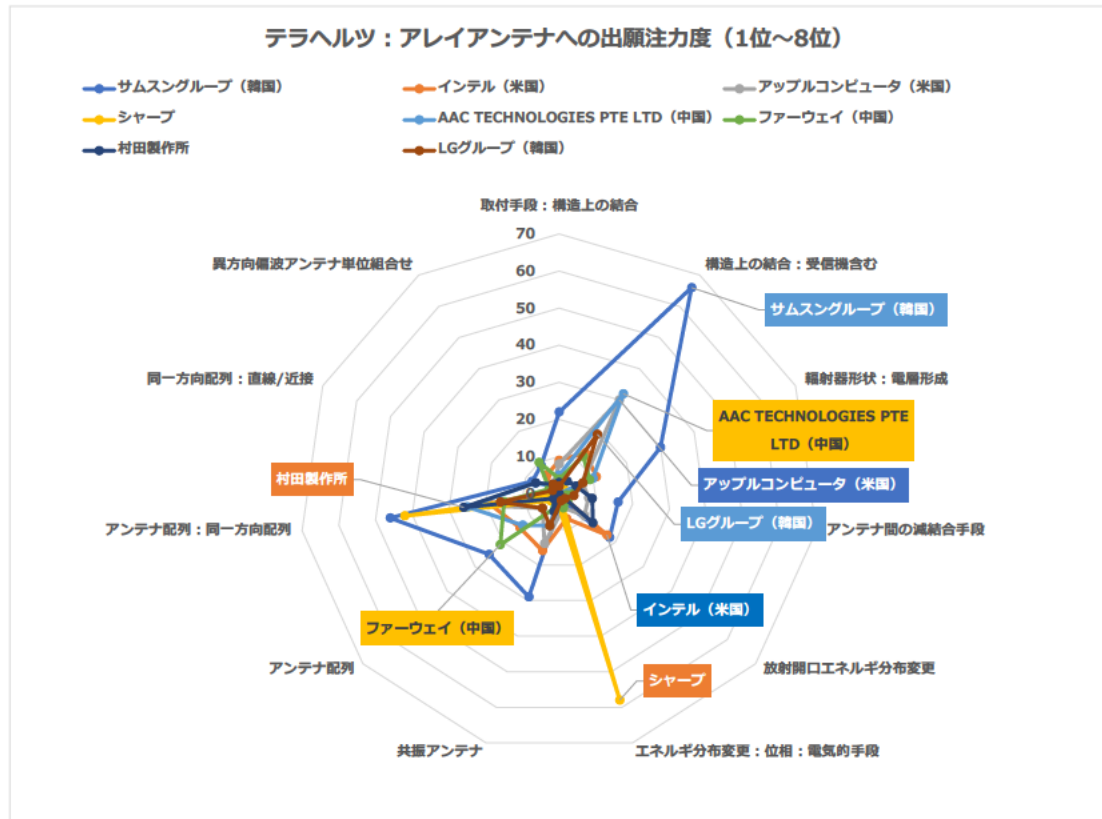


図 4- 4 アンテナアレイ技術への出願動向（出願人別技術区分別）（1 位～8 位）

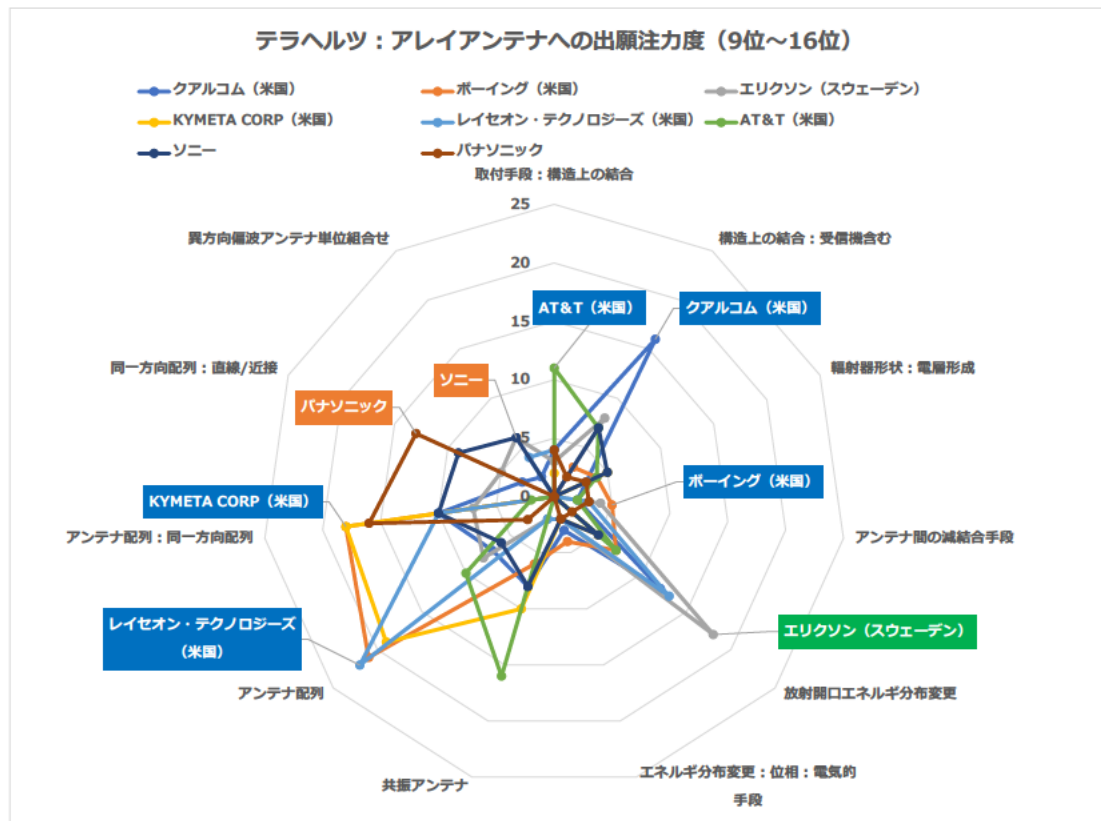


図 4- 5 アンテナアレイ技術への出願動向（出願人別技術区分別）（9 位～16 位）

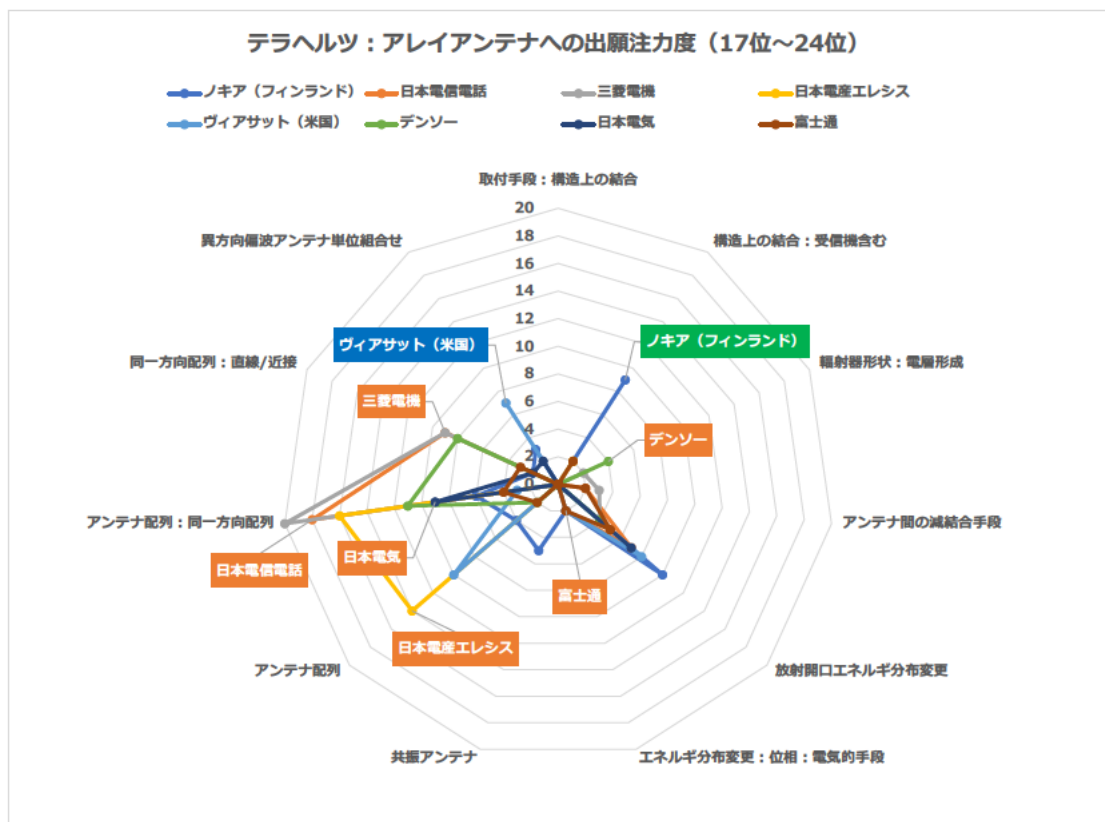


図 4- 6 アンテナアレイ技術への出願動向（出願人別技術区分別）（17 位～24 位）

第5節 6G 通信システム向け要素技術の特許出願動向、規格化に影響する特許の分析

6G 通信システムの定義は、まだコンセンサスが取られておらず、主要な団体が将来像をホワイトペーパーなど、拘束力のない形で提案している段階である。

6G 通信システムに関する提案技術には、①ネットワークの新たな構成要素と考えられる技術項目（タイプ1の技術）と、②ネットワークの運用などを高度化するための技術項目（タイプ2の技術）、③6G ネットワークが支援する新たなサービスを実現する技術項目（タイプ3の技術）が考えられる。

ここでは、①タイプ1の技術として、テラヘルツ通信、衛星統合通信、全光通信、量子暗号・通信、エッジコンピューティング、時空間同期、②タイプ2の技術として、AI、③タイプ3の技術として、AR/VR、の8種の技術に着目して、特許出願動向の分析を行った。

6G を目指している特許の条件として、国際標準としての条件を満たす複数国出願であること、5G や 4G に対する特許を排除する条件として、5G の検討が本格化した 2017 年以降の特許出願を対象としている。

全体で、約 1 万 7 千件の特許ファミリーとなっている。

以下に、日本企業を中心に各技術区目の出願動向の分析結果を示す。

1. 6G に資するテラヘルツ通信と特許出願動向

テラヘルツ通信は、100GHz～300GHz の周波数で、更なる高速・広帯域の実現が期待される。

テラヘルツ通信に関連する特許は既に出願されており、上位 20 位までの出願人を図 4-7 に示す。

日本企業は、キャノン、浜松フォトニクス、ローム、パイオニア、東京工業大学、三菱電機、日立メタルプレシジョン、オリンパスと 8 社が入っている。各日本企業の得意分野は多岐に渡っている。

国籍別では、7 企業の米国、5 企業の中国を凌いで、1 位となっている。

出願人別で見ると、トップのカリフォルニア大学でも保有割合は 2.0%で、全ての企業が低く、多くの分野（アンテナやデバイスなど）の技術を連携させる必要性や、方式の多様性などが窺える。

テラヘルツ			
順位	出願人	件数	割合
1	カリフォルニア大学(米国)	31	2.0%
2	キャノン	26	1.7%
2	インテル(米国)	26	1.7%
4	ヴァレオ(フランス)	24	1.6%
5	中国交通建設(中国)	24	1.6%
6	フランス国立科学研究センター(フランス)	19	1.2%
7	浜松フォトニクス	17	1.1%
7	同方威視技術(中国)	17	1.1%
7	フラウンホーファー研究機構(ドイツ)	17	1.1%
10	ローム	15	1.0%
11	サンゴバン(フランス)	13	0.8%
11	バイオニア	13	0.8%
13	フランス原子力庁(フランス)	11	0.7%
14	マサチューセッツ工科大学(米国)	10	0.7%
14	清華大学(中国)	10	0.7%
14	鴻海精密工業(台湾)	10	0.7%
17	東京工業大学	9	0.6%
17	サムスン電子(韓国)	9	0.6%
17	三菱電機	9	0.6%
20	科学技術研究庁(シンガポール)	8	0.5%
20	天津大学(中国)	8	0.5%
20	韓国電子通信研究院(韓国)	8	0.5%
20	カリフォルニア工科大学(米国)	8	0.5%
20	ハリバートン(米国)	8	0.5%
20	アイビーエム(米国)	8	0.5%
20	日立メタルプレジジョン	8	0.5%
20	ボーイング(米国)	8	0.5%
20	オリンパス	8	0.5%
20	ファーウェイ(中国)	8	0.5%
	その他	1142	74.5%
	合計	1532	

図 4- 7 核心技術候補（テラヘルツ）への上位出願人

2. 6G に資する衛星統合通信と特許出願動向

衛星統合通信は、山間・極地や船舶、離島などの従来用途に加え、モバイル、バックホール、広域 IoT、可搬基地局、イベント対応など、日常的にタイムリーな通信サービスの提供が期待されている。

衛星統合通信に関連する特許は既に出願されており、特許の上位 20 位までの出願人を図 4- 8 に示す。

日本企業は、ソフトバンク、三菱電機、ソニー、セイコーエプソンの 4 社が入っている。各日本企業の得意分野は多岐に渡っている。

国籍別では、米国が 7 社、ドイツが 4 社で、日本はドイツと並んで 2 位となっている。

出願人別で見ると、トップのクアルコムは保有割合は 13. 2%と他を圧倒して高く、既に、方式としての具体化を進めている可能性を窺わせる。

衛星統合通信			
順位	出願人	件数	割合
1	クアルコム(米国)	335	13.2%
2	Rovi Guides(米国)	77	3.0%
3	サムスン電子(韓国)	40	1.6%
4	タレス(ドイツ)	38	1.5%
5	ソフトバンク	36	1.4%
6	ボーイング(米国)	28	1.1%
7	ファーウェイ(中国)	23	0.9%
8	エアバス(フランス)	21	0.8%
9	ボッシュ(ドイツ)	20	0.8%
10	アイビーエム(米国)	18	0.7%
11	ハネウェル(米国)	18	0.7%
12	AT&T(米国)	18	0.7%
13	サフラン(フランス)	17	0.7%
14	三菱電機	16	0.6%
14	深圳市大境創新科技(中国)	16	0.6%
16	フラウンホーファー研究機構(ドイツ)	15	0.6%
16	コンチネンタル(ドイツ)	15	0.6%
18	ヒューズ(米国)	14	0.6%
19	ソニー	13	0.5%
19	セイコーエプソン	13	0.5%
	その他	1749	68.9%
	合計	2540	

図 4- 8 核心技術候補（衛星統合通信）への上位出願人

3. 6G に資する全光通信と特許出願動向

全光通信技術¹は、バックボーンネットワークの高速化による E2E の超低遅延や、トラフィック増に伴う消費電力を飛躍的に削減できる超低消費電力技術として注目されている。

全光通信に関連する特許は既に出願されており、特許の上位 20 位までの出願人を図 4- 9 に示す。

日本企業は、住友電気工業、日本電信電話、日本電気、フジクラの 4 社が入っている。各日本企業の得意分野は多岐に渡っている。

国籍別では、米国が 11 社と圧倒的に多いが、日本は 2 位となっている。

出願人別で見ると、トップのファーウェイでも保有割合は 2.1%で、全ての企業が低く、多くの分野の技術を連携させる必要性や、方式の多様性などが窺える。

¹ NTT、IOWN
<https://www.rd.ntt/iown/>

全光通信			
順位	出願人	件数	割合
1	ファーウェイ(中国)	76	2.1%
2	住友電気工業	59	1.6%
3	日本電信電話	58	1.6%
4	コーニング(米国)	55	1.5%
5	マサチューセッツ工科大学(米国)	50	1.4%
6	日本電気	44	1.2%
6	アイビーエム(米国)	44	1.2%
8	インテル(米国)	43	1.2%
9	ノキア(フィンランド)	36	1.0%
10	ヒューレットパッカード(米国)	36	1.0%
11	シスコシステムズ(米国)	33	0.9%
11	カリフォルニア大学(米国)	33	0.9%
13	フランス国立科学研究センター(フランス)	26	0.7%
14	フジクラ	24	0.7%
15	シエナ(米国)	23	0.6%
16	エリクソン(スウェーデン)	23	0.6%
17	フィニサー(米国)	22	0.6%
18	フィリップス(オランダ)	21	0.6%
19	深圳大学(中国)	21	0.6%
19	レイセオン(米国)	21	0.6%
19	台積(台湾)	21	0.6%
19	コムスコープテクノロジー(米国)	21	0.6%
19	ASML(オランダ)	21	0.6%
	その他	2779	77.4%
	合計	3590	

図 4- 9 核心技術候補（全光通信）への上位出願人

4. 6G に資する量子暗号・通信と特許出願動向

量子暗号・通信技術は、セキュアな通信をオーバーヘッド少なく提供できる技術として注目されている。

量子暗号・通信に関連する特許は既に出願されており、特許の上位 20 位までの出願人を図 4- 10 に示す。

日本企業は、東芝、ソニー、日本電信電話の 3 社が入っている。

国籍別では、米国が 10 社と圧倒的に多く、次いで、韓国の 4 社で、日本は 3 位となっている。

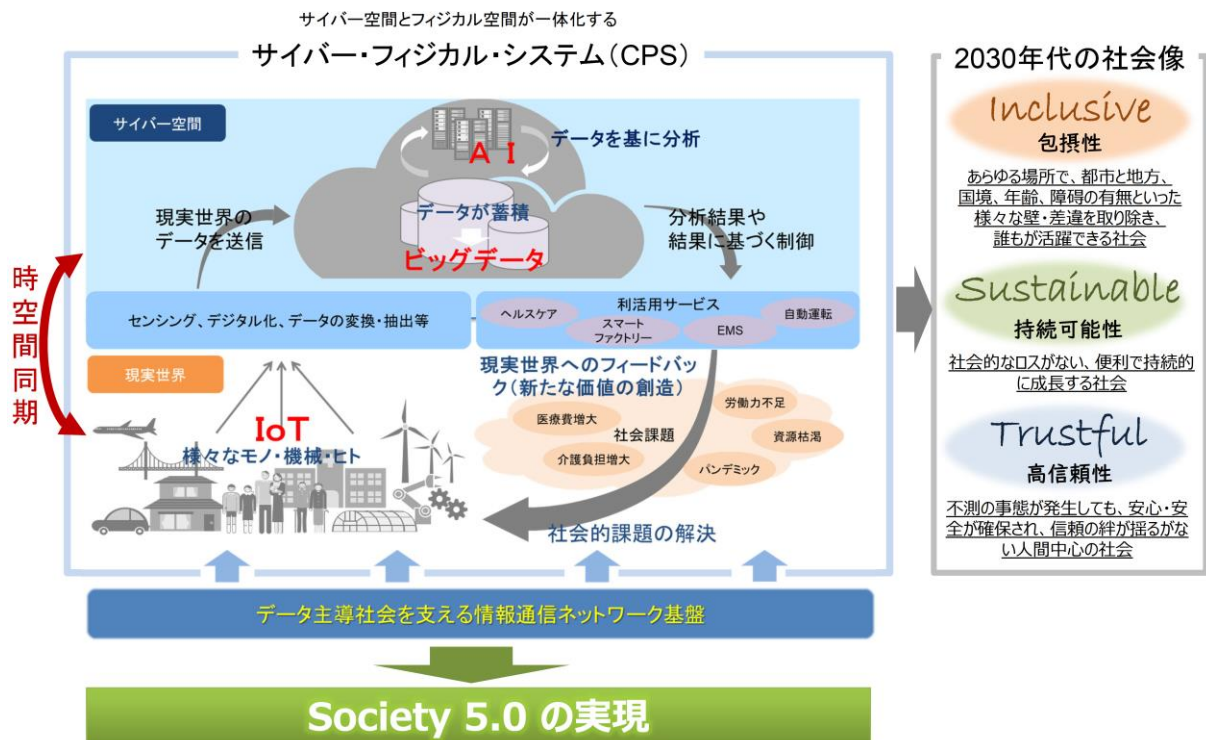
出願人別で見ると、トップの IBM でも保有割合は 3.9%で、全ての企業が低く、多くの分野の技術を連携させる必要性や、方式の多様性などが窺える。

量子暗号・通信			
順位	出願人	件数	割合
1	アイビーエム(米国)	111	3.9%
2	ファーウェイ(中国)	97	3.4%
3	サムスン電子(韓国)	76	2.7%
4	インテル(米国)	67	2.4%
5	マイクロソフト(米国)	62	2.2%
6	アルファベット(米国)	38	1.3%
7	クアルコム(米国)	36	1.3%
8	マサチューセッツ工科大学(米国)	35	1.2%
9	AT&T(米国)	35	1.2%
10	ディーウェイブシステムズ(カナダ)	30	1.1%
11	ノキア(フィンランド)	29	1.0%
12	東芝	28	1.0%
13	バンクオブアメリカ(米国)	26	0.9%
14	カリフォルニア大学(米国)	24	0.8%
15	SKテレコム(韓国)	21	0.7%
15	アリババ(中国)	21	0.7%
17	ソニー	18	0.6%
18	エリクソン(スウェーデン)	17	0.6%
19	日本電信電話	16	0.6%
20	韓国電子通信研究院(韓国)	15	0.5%
20	LGエレクトロニクス(韓国)	15	0.5%
20	ノースロップグラマン(米国)	15	0.5%
	その他	2005	70.7%
	合計	2837	

図 4- 10 核心技术候補（量子暗号・通信）への上位出願人

5. 6G に資する時空間同期と特許出願動向

図 4- 11 に示すように、時刻同期技術を含む時空間同期技術は、6G が目指すギャランティサービスを提供する鍵を握る技術領域として、また、サイバー・フィジカル・システムを維持運用する技術として注目されている。



AI(Artificial Intelligence): 人工知能
CPS(Cyber-Physical System): サイバーフィジカルシステム
IoT(Internet of Things): 「モノ」のインターネット

図 4- 11 核心技術候補（時空間同期）の役割¹

時空間同期に関連する特許は既に出願されており、特許の上位 20 位までの出願人を図 4- 12 に示す。

日本企業は、ソニー、日本電気、富士通の 3 社が入っている。

国籍別では、米国が 7 社、次いで、中国の 5 社で、日本は 3 位となっている。

出願人別で見ると、トップのファウウェイの保有割合は 7.9%と 2 位以下の 2.5 倍と高く、既に、方式としての具体化を進めている可能性を窺わせる。

¹ 総務省、Beyond 5G 推進戦略（骨子）案＜概要＞、2020 年 4 月
https://www.soumu.go.jp/main_content/000681249.pdf

時空間同期			
順位	出願人	件数	割合
1	ファーウェイ(中国)	174	7.9%
2	エリクソン(スウェーデン)	71	3.2%
3	ZTE(中国)	56	2.5%
4	サムスン電子(韓国)	52	2.4%
5	インテル(米国)	47	2.1%
6	クアルコム(米国)	46	2.1%
7	ノキア(フィンランド)	41	1.9%
8	シスコシステムズ(米国)	34	1.5%
9	オッポモバイル(中国)	29	1.3%
10	シーメンス(ドイツ)	28	1.3%
11	中国電信研究院(中国)	24	1.1%
12	アイビーエム(米国)	21	0.9%
13	LGエレクトロニクス(韓国)	20	0.9%
14	マイクロソフト(米国)	19	0.9%
15	アップル(米国)	18	0.8%
16	アマゾン(米国)	17	0.8%
16	小米科技(中国)	17	0.8%
18	ソニー	16	0.7%
18	日本電気	16	0.7%
20	富士通	14	0.6%
	その他	1452	65.6%
	合計	2212	

図 4- 12 核心技術候補（時空間同期）への上位出願人

6. 6G に資するエッジコンピューティングと特許出願動向

エッジコンピューティング技術は、5G から導入された情報処理と通信の連携を要となる技術で、AI 化やフォログラフィ、デジタルツインなど更なるネットワークの高度化を目指す 6G 化の鍵を握る技術領域として注目されている。

エッジコンピューティングに関連する特許は既に出願されており、特許の上位 20 位までの出願人を図 4- 13 に示す。

日本企業では、日本電気だけが入っている。

国籍別では、米国が 15 社と圧倒的で、2 位の中国の 2 社に大きく水をあけている。

出願人別で見ると、トップのマイクロソフト、次いで IBM、インテルは、保有割合が 5%を超えており、4 位以上は件数も 100 件以上と多い。エッジコンピューティングは種々の活用が考えられ、個々に注視していく必要がある。

エッジコンピューティング			
順位	出願人	件数	割合
1	マイクロソフト(米国)	360	7.2%
2	アイビーエム(米国)	305	6.1%
3	インテル(米国)	228	4.6%
4	ファーウェイ(中国)	129	2.6%
5	イーエムシー(米国)	94	1.9%
6	グイェムウェア(米国)	88	1.8%
7	アマゾン(米国)	82	1.6%
8	ペライゾン(米国)	78	1.6%
9	アルファベット(米国)	77	1.5%
10	サムスン電子(韓国)	63	1.3%
11	バンクオブアメリカ(米国)	62	1.2%
12	ノキア(フィンランド)	59	1.2%
13	ServiceNow(米国)	52	1.0%
14	AT&T(米国)	51	1.0%
15	アカマイテクノロジーズ(米国)	49	1.0%
16	ヒューレットパッカード(米国)	43	0.9%
17	日本電気	43	0.9%
18	Dell products(米国)	39	0.8%
19	シスコシステムズ(米国)	37	0.7%
20	アリババ(中国)	36	0.7%
	その他	3034	60.6%
	合計	5009	

図 4- 13 核心技術候補（エッジコンピューティング）への上位出願人

7. 6G に資する AR/VR と特許出願動向

図 4- 14 に示すように、AR/VR 技術は、6G が目指す超遅延の保証サービスを用いて実現する仮想空間（メタバースやフォログラフィ）通信を目指す 6G 化の鍵を握る技術領域として注目されている。

VR(Virtual Reality)	MR(Mixed Reality)	AR(Augment Reality)
CG で作られた世界や 360 度動画等の実写映像を「あたかもその場所に居るかのような没入感」で味わうことができる技術	VR、AR を包括する広義の概念であり、仮想世界と現実世界の情報を組み合わせて両者を融合させる技術を指す。カメラやセンサを駆使し、両者がリアルタイムで相互に影響する体験ができることが特徴	現実世界に、コンピュータで作った文字や映像などのデジタル情報を重ね合わせて表示することができる技術
仮想空間の定義 多人数が参加可能で、参加者がその中で自由に行動できるインターネット上に構築される仮想の三次元空間。ユーザはアバターと呼ばれる分身を操作して空間内を移動し、他の参加者と交流する。ゲーム内空間やバーチャル上でのイベント空間が対象となる。		

図 4- 14 核心技術候補（AR/VR）の役割¹

¹ 経済産業省、令和 2 年度コンテンツ海外展開促進事業（仮想空間の今後の可能性と諸課題に関する調査分析事業）：KPMG コンサルティング株式会社、2021 年 3 月
https://www.meti.go.jp/policy/mono_info_service/contents/downloadfiles/report/kasou-houkoku.pdf

AR/VR に関連する特許は既に出願されており、特許の上位 20 位までの出願人を図 4-15 に示す。

日本企業では、ソニーだけが入っている。

国籍別では、米国が 11 社と圧倒的で、2 位のドイツ、中国、韓国の 2 社に大きく水をあけている。

出願人別で見ると、トップのマイクロソフト、2 位のインテルが、100 件以上で保有割合が約 5%をとっており、やや先行している。

3GPP だけでなく、MPEG 系の標準化との連携も必要となってくる領域で、注視が必要である。

AR/VR			
順位	出願人	件数	割合
1	マイクロソフト(米国)	130	5.8%
2	インテル(米国)	106	4.7%
3	ファーウェイ(中国)	91	4.1%
4	サムスン電子(韓国)	51	2.3%
5	ベライゾン(米国)	41	1.8%
6	AT&T(米国)	38	1.7%
7	クアルコム(米国)	37	1.6%
8	ノキア(フィンランド)	31	1.4%
9	LGエレクトロニクス(韓国)	28	1.2%
10	ソニー	23	1.0%
11	インターデジタル(米国)	22	1.0%
12	エリクソン(スウェーデン)	21	0.9%
13	カリフォルニア大学(米国)	18	0.8%
14	フィリップス(オランダ)	17	0.8%
15	フェイスブック(米国)	16	0.7%
15	アイビーエム(米国)	16	0.7%
17	ZTE(中国)	14	0.6%
17	マサチューセッツ工科大学(米国)	14	0.6%
19	シーメンス(ドイツ)	13	0.6%
20	アルファベット(米国)	11	0.5%
20	フラウンホーファー研究機構(ドイツ)	11	0.5%
	その他	1496	66.6%
	合計	2245	

図 4- 15 核心技術候補（AR/VR）への上位出願人

7. 6G に資する AI 技術と特許出願動向

図 4- 16 に示すように、AI 技術は、あらゆる技術、機能をスマートに使いこなす技術で、6G が目指す自律性や拡張性の境界に必要な不可欠の技術領域として注目されている。

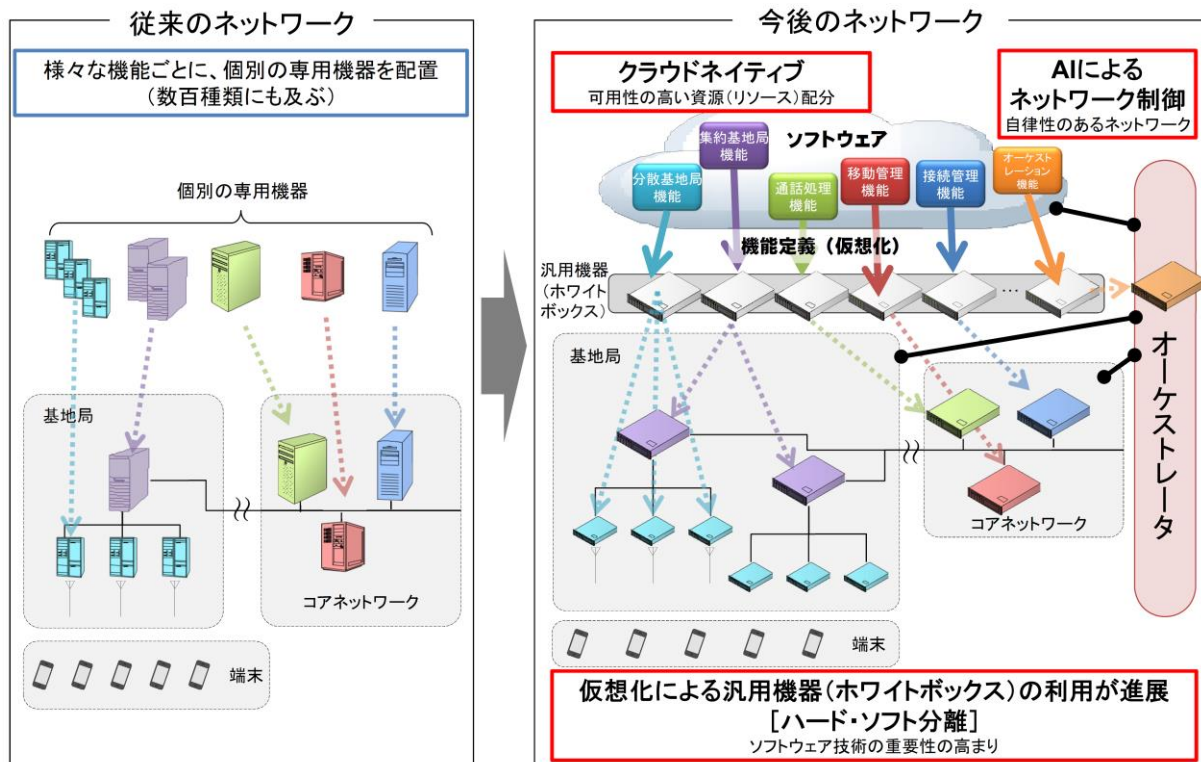


図 4-16 核心技術候補（AI 技術）の役割¹

AI に関連する特許は既に出願されており、特許の上位 20 位までの出願人を図 4-17 に示す。

日本企業は入っていない。

国籍別では、米国が 15 社と圧倒的で、2 位の韓国の 2 社に大きく水をあけている。

出願人別で見ると、トップのマイクロソフト、2 位のインテル、3 位の IBM が、100 件以上で、やや先行している。

AI は差異化の技術であり、あらゆる場面で利用されるため、6G としての重要技術としてではなく、AI としての重要技術として、注視が必要である。6G としてはリアルタイム、超低遅延など通信ならではの利用環境に向けた学習性能は、判断速度などへの注視が必要である。

¹ 総務省、Beyond 5G 推進戦略（骨子）案＜概要＞、2020 年 4 月
https://www.soumu.go.jp/main_content/000681249.pdf

AI			
順位	出願人	件数	割合
1	マイクロソフト(米国)	156	4.6%
2	インテル(米国)	156	4.6%
3	アイビーエム(米国)	122	3.6%
4	AT&T(米国)	70	2.1%
5	サムスン電子(韓国)	61	1.8%
6	アルファベット(米国)	55	1.6%
7	ファーウェイ(中国)	48	1.4%
8	クアルコム(米国)	44	1.3%
9	ペライゾン(米国)	34	1.0%
10	アマゾン(米国)	29	0.9%
11	イーエムシー(米国)	26	0.8%
12	シーメンス(ドイツ)	25	0.7%
13	バンクオブアメリカ(米国)	23	0.7%
14	エリクソン(スウェーデン)	22	0.7%
15	シスコシステムズ(米国)	20	0.6%
16	LGエレクトロニクス(韓国)	20	0.6%
17	マイクロンテクノロジー(米国)	19	0.6%
18	カリフォルニア大学(米国)	19	0.6%
19	グイェムウェア(米国)	18	0.5%
20	ヒューレットパッカード(米国)	17	0.5%
	その他	2389	70.8%
	合計	3373	

図 4- 17 核心技術候補（AI 技術）への上位出願人

第5章 5G 通信及び 6G 通信向け政策動向

第1節 各国の通信インフラ政策、産業振興・研究開発促進政策、及び輸出管理政策等

1. 各国の周波数割り当て政策¹

(1) 米国

米国では、5G の周波数帯を順次拡大してきている。

2017 年 3 月には、600MHz 帯の割り当てを開始した。免許条件等は、免許期間は初期 12 年で、更新時 10 年。免許付与後 6 年以内に人口の 40%、12 年以内に 75%にサービス展開を義務付け。免許付与から 6 年間は、二次市場での取引を制限している。取得事業者は、T-モバイル US、ディッシュ・ネットワーク、コムキャスト、AT&T 等である。T-モバイル US は 2019 年 1 月、商用網上で世界初の 600MHz 帯を使った 5G 動画通話とデータ・セッションのテストに成功している。

次いで 2019 年 1 月には 28GHz 帯、2019 年 5 月には 24GHz 帯、2020 年 3 月には 37/39/47GHz 帯の割り当てを開始した。免許条件等は、モバイル又はポイント・ツー・マルチポイントの免許人は、免許更新の申請時において、免許地域の人口の少なくとも 40%、又は、免許地域の 25%に対して、信頼性のあるカバレッジ及びサービスを提供し、かつ、顧客又は自家利用のために設備を使用していることを証明する必要がある。取得事業者の決定には、同時複数回（SMR）オークションを採用している。

(2) 英国

英国でも、5G の周波数帯を順次拡大してきている。

2018 年 4 月には 2.3GHz、3.4GHz について、2 段階方式での入札を実施。第 1 段階では、ブロック数を決定する競上げクロックオークションを実施し、第 2 段階では、割当場所を決定する単一封印入札を実施している。2.3GHz はテレフォニカ、3.4GHz はボーダフォン、H3G(携帯電話事業者 Hutchison 3G UK Holdings)、テレフォニカ、EE(携帯電話事業者 EE Limited)を採択。

2021 年前半には、700MHz、3.6GHz について入札を予定している。なお、4 大モバイル事業者（EE、O2 UK、3 UK、ボーダフォン）は、最大 5 億 3,000 万 £ の設備投資を行い、4 社すべてのネットワークが農村地域をカバーするよう、農村共用ネットワーク（Shared Rural Network: SRN）を共同で構築するコミットメントを発表し、DCMS（Department for Digital, Culture, Media and Sport: 英国デジタル・文化・メディア・スポーツ省）は官民で 10 億 £ の設備投資をすることで合意した（2019 年 10 月 25 日）。これにより 5G オークションではカバレッジ義務を課さないことが決定された。

(3) ドイツ

ドイツでは、2022 年末までに州単位で 98%の世帯に 100Mbps を提供、2022 年末までに 1 日 2,000 人以上の乗客が利用する鉄道に 100Mbps を提供、2024 年末までにすべて

¹ <https://www.soumu.go.jp/g-ict/item/litedevelopment/index.html>

の連邦高速道路に遅延 10 ミリ秒以下で 100Mbps を提供、2024 年末までに内陸水路の港湾とコアネットワークに 50Mbps を提供、2022 年末までに、1,000 台の 5G 基地局と、ホワイトスポットに 100Mbps の基地局を 500 台設置、新規参加者は 2023 年末までに 25%、2025 年末までに 50% の世帯をカバー 等、を目標としている。

採用の条件としては、ローミングやインフラ共用に関して、ネットワーク事業者から要請があった場合、非差別的にかつ即座に交渉を開始しなければならないとし、連邦ネットワーク庁は、2GHz 帯及び 3.6GHz 帯を 4 事業者に割り当てた後、2019 年 11 月に、ローカル 5G 用に 3.7-3.8GHz を割り当てる免許申請の受付を開始した。2020 年 10 月現在で、88 免許付与している。2GHz 帯、3.6GHz 帯は、ドイツテレコム、テレフォニカ・ドイツ、ボーダフォン・ドイツ、1&1 ドリリッシュの 4 社が免許を取得している。

(4) フランス

フランスは、2000 年以内に少なくとも 2 都市でサービスを開始し、2022 年までに 3,000、2024 年までに 8,000、2025 年までに 1 万 500 の基地局を設置し、2022 年に 75%、2030 年にはすべての基地局で最大通信速度 240Mbps の接続サービスを提供するとしている。また、2025 年までに高速道路、2030 年までに幹線道路すべてで最大通信速度 100Mbps の接続サービスを提供し、2023 年までに各種 ICT 産業分野での応用（スライシング）を可能にする体制の整備をするとしている。また、IPv6 との互換性の保証も目標としている。

周波数割り当てについては、2020 年 11 月に、3.4-3.8GHz 帯の 2 段階方式のオークションを実施している。第 1 段階では、4 事業者に対し、それぞれ 50MHz ずつを固定価格で割当て、第 2 段階では、10MHz を一単位として最低価格を設定、各ブロックにつき希望者が複数の場合はオークションを実施する形で割当てを実施している。第 1、第 2 段階共、応募および周波数取得は既存 4 事業者であった。なお、第 1 段階で 50MHz 帯を取得した既存事業者 4 社は、規制機関と以下について協約を結ぶとされている。

- ・ 行政機関、自治体、企業等からのカバレッジやサービス要求に適切に対応
- ・ 建物内での接続環境の改善
- ・ 固定通信事業者からの接続要請への対応
- ・ カバレッジ拡大、サービス提供体制、事故対応等の計画の明示
- ・ MVNO の受入れとサービス開発への支援

(5) 中国

中国では、工業・情報化部が、2017 年 6 月から 8 か月間、24.75-27.5GHz、37-42.5GHz、その他のミリ波帯の 5G による使用計画や技術問題などに関する意見募集を実施した。これと並行して、工業・情報化部は同年 7 月に、中国情報通信研究院の試験室や北京市内の 5G 技術屋外試験場での試験用周波数として、24.75-27.5GHz、37-42.5GHz を使用することを許可している。2020 年 2 月には、工業・情報化部は、中国電信、中国聯通、中国広電に対して 5G 網の屋内カバー用として 3.3-3.4GHz の全国における共同使用を許可した。

周波数帯の割当ては、2019 年 6 月に、700MHz 帯は中国広電、6GHz 帯は中国移動、3.5GHz 帯は中国電信、中国聯通、4.9GHz 帯は中国移動、中国広電、に行っている。

(6) 韓国

韓国では、2019 年 4 月から 3.5GHz 帯で 3 社一斉のスマートフォンによる一般向け商用サービスを開始している。

2018 年 6 月に、3.5GHz 帯で、無線局の開設届出が必要な基地局（スモールセル含む）として、15 万局を目標としている。中間目標として、3 年で 2 万 2,500 局、5 年で 4 万 5,000 局も設定している。同じく、28GHz 帯では、ビームフォーミングや MIMO の技術を採用したアンテナや無線ユニット等を備える届出基地局に設置された装置の 10 万台設置を目標としている。中間目標として、3 年で 1 万 5,000 台も設定している。

2. ローカル 5G 政策¹

(1) 米国

L5G 制度の現状

米国の周波数免許は公衆網でも自営網でも利用可能な地域免許として割り当てられるが、ここでは、日本のローカル 5G に類似する制度として市民ブロードバンド無線サービス（Citizens Broadband Radio Service : CBRS）を取り上げる。CBRS は既存免許人である政府（海軍レーダ）等が使用している 3.5GHz 帯（3.55-3.7GHz）を商業利用と共用可能な帯域として新たに配分したもので、企業等はこれをプライベート LTE/5G 網の構築に利用することができる²。

CBRS 帯の利用優先権は、海軍等の既存ユーザ、優先アクセス免許（Priority Access License : PAL）取得者、周波数免許不要の一般権限（General Authorize Access : GAA）ユーザの順に付与される。これら利用者間の周波数共用は周波数アクセスシステム（Spectrum Access System : SAS）によって実現される。SAS は、FCC の商用免許人データベースや海軍レーダを検知する電波環境検知機能（Environmental Sensing Capability : ESC）システムからの情報に基づいて、電波伝搬等を勘案した干渉計算を行い、海軍レーダに干渉を与えないよう周波数を動的に割り当てる。2021 年 3 月現在、FCC の認可を取得した SAS 管理者は 6 社（Amdocs、CommScope、Federated Wireless、Google、Sony、Key Bridge）、ESC 管理者は 4 社（CommScope、Federated Wireless、Google、Key Bridge）存在する。

L5G 振興に係る政府施策

CBRS 5G の実装や実用化に対して政府が直接資金提供をするような施策は存在しない。

ただし、5G 全体を促進する政策は、トランプ前大統領が 2018 年 10 月に「米国の未来のための持続可能な周波数戦略の開発に関する大統領覚書（Presidential Memorandum on Developing a Sustainable Spectrum Strategy for America's Future）³」に署名したことで本格化した。同覚書は連邦省庁に対して未使用周波数を

¹ <https://www.soumu.go.jp/g-ict/item/ltedevelopment/index.html>

² <https://www.fcc.gov/35-ghz-band-overview>

³ <https://trumpwhitehouse.archives.gov/presidential-actions/presidential-memorandum-developing-sustainable-spectrum-strategy-americas-future/>

民間セクターに提供するための国家周波数戦略を策定するよう指示する内容で、トランプ前政権が当初検討していた国営 5G 網構築から民間主導での 5G 網構築へと舵を切ったことを印象付けるものだった。その後、2019 年 4 月に「米国が 5G に係る世界的な競争で勝利する」ための行動計画が発表され、政府が、減税や規制緩和措置による 5G 投資促進、5G 周波数の追加確保、効率的な周波数管理、通信セキュリティの確保、農村地域のデジタル化支援等に取り組んでいくことが明らかにされた¹。5G 競争で競合する中国や韓国が国主導の 5G 施策を展開するのに対し、米国では、民間主導の 5G 投資を原則としながら、適宜、国が支援措置を講じるという方針が示された。

トランプ前政権の行動計画を受け、電気通信分野における独立規制機関である連邦通信委員会（Federal Communications Commission：FCC）は同年同月、①インフラ政策の刷新、②規制の近代化、③5G 周波数の追加確保を支柱とする「5G ファースト計画（Facilitate America's Superiority in 5G Technology Plan：5G FAST Plan）²」を発表した。また、農村部デジタル機会基金（Rural Digital Opportunity Fund：RDOF）や米国農村 5G 基金（5G Fund for Rural America）といった 5G 関連基金を創設する動きも進められた³。2020 年 2 月に創設された RDOF は、農村部で下り 25Mbps/上り 3Mbps 以上のブロードバンドサービスを提供する事業者に総額 204 億 USD を交付するもので、2 段階のリバースオークションで補助金受給者を決定する。一方、米国農村 5G 基金は農村部の 5G 環境整備に最大 90 億 USD を支給するもので、2020 年 10 月に設立された。

2021 年 1 月に発足したバイデン新政権は具体的な 5G 促進政策を発表していないが、商務省国家電気通信情報庁（National Telecommunications and Information Administration：NTIA）のエブリン・レマリー長官代行が 3 月に明らかにしたところによると、バイデン政権はトランプ前政権の 5G 政策を基盤としながら政策立案を進めているところであるという⁴。政策の柱の一つとなると予想されるのは科学技術分野への投資拡大で、大統領選挙中から「Innovate in America」と称して 5G を含む新技術・新産業の研究開発に 4 年間で総額 3,000 億 USD を投じることを提案していたほか、2021 年 3 月に開催された初の公式記者会見では、対 GDP 比 0.7%にとどまっている科学技術研究開発費を 2%程度に引き上げる方針が明らかされた⁵。また、記者会見の数日後に、科学技術研究開発に 1,800 億 USD を投資する計画が発表されている⁶。

他方、政府関係機関による主な 5G 実証試験プログラムとしては、全米科学財団（National Science Foundation：NSF）が 5G 研究開発のオープンテストベッドを提

¹ <https://trumpwhitehouse.archives.gov/briefings-statements/president-donald-j-trump-taking-action-ensure-america-wins-race-5g/>

² <https://www.fcc.gov/5G>

³ <https://www.fcc.gov/document/fcc-launches-20-billion-rural-digital-opportunity-fund-0>
<https://www.fcc.gov/5g-fund>

⁴ <https://www.fcba.org/events/artificial-intelligence-machine-learning-robotics-committee-lunch-learn/>

⁵ <https://joebiden.com/made-in-america/>
<https://www.whitehouse.gov/briefing-room/speeches-remarks/2021/03/25/remarks-by-president-biden-in-press-conference/>

⁶ <https://www.whitehouse.gov/briefing-room/statements-releases/2021/03/31/fact-sheet-the-american-jobs-plan/>

供する「高度無線研究プラットフォーム (Platforms for Advanced Wireless Research : PAWR) プログラム」がある。PAWR プログラムは複数の研究者が共用できる都市規模の無線通信テストベッドを構築する目的で開始されたもので、2021 年 3 月現在、ユタ州ソルトレイクシティ、ニューヨーク州ニューヨークシティ、ノースカロライナ州リサーチトライアングル地区の 3 か所に PAWR が建設されている¹。4 番目となる最後の PAWR 候補としては、アイオワ州立大学と同州エイムス市が主導する ARA

(Agriculture and Rural Communities) : Wireless Living Lab for Smart and Connected Rural Communities とネブラスカ大学リンカーン校とリンカーン市が主導する NEXTT (Nebraska Experimental Testbed of Things) の二つがあるが、2021 年内にどちらかが選出される予定である。

また、米国の場合、国防総省が 5G 研究開発を進めている点も特筆される。同省は米軍基地内に軍・産業界・学術界が 5G 実験を共同実施するためのテストベッドを開設する取り組みを進めており、2019 年 10 月に 4 基地（ワシントン州ルイス・マコード統合基地、ユタ州ヒル空軍基地、カリフォルニア州サンディエゴ海軍基地、ジョージア州アルバニー海兵隊兵站基地）、2020 年 5 月に 1 基地（ネバダ州ネリス空軍基地）、2020 年 6 月に 7 基地（バージニア州ノーフォーク海軍基地、ハワイ州パールハーバー・ヒッカム統合基地、テキサス州サンアントニオ統合基地、カリフォルニア州フォート・アーウィン国立トレーニングセンター、テキサス州フォート・フッド陸軍基地、カリフォルニア州キャンプ・ペンドルトン海兵隊基地、オクラホマ州ティンカー空軍基地）を 5G 実験施設に指定した。また、2020 年 10 月には、「5G to Next-G イニシアティブ²」として、5 基地（ワシントン州ルイス・マコード統合基地、ユタ州ヒル空軍基地、カリフォルニア州サンディエゴ海軍基地、ジョージア州アルバニー海兵隊兵站基地、ネバダ州ネリス空軍基地）で実施する 5G 実験に 6 億 USD を提供することを決定した。これらの米軍基地では、動的周波数共用 (Dynamic Spectrum Sharing : DSS) 技術、AR/VR、スマートウェアハウス等の実証実験が実施されている。このような取り組みは 2020 年 5 月に発表された「国防総省 5G 戦略 (Department of Defense 5G Strategy) ³」の一環として進められている。同戦略は「2020 年度国防授權法 (National Defense Authorization Act for Fiscal Year 2020)」第 254 条を根拠に策定されたもので、5G を地政学的な観点から積極的に開発すべき重要な戦略的技術と位置付けている。

(2) 英国

L5G 制度の現状

A) 5G 戦略と 5GTT

英国では、デジタル・文化・メディア・スポーツ省 (DCMS) が、2017 年 3 月に、「5G 戦略」を発表した⁴。これは、5G 分野において英国が世界のリーダーとなるべく策定されたもので、同戦略の推進により、①5G ネットワークの普及の加速、②5G によっ

¹ <https://advancedwireless.org/>

² <https://www.cto.mil/5g/>

³ https://www.cto.mil/wp-content/uploads/2020/05/DoD_5G_Strategy_May_2020.pdf

⁴ https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/597421/07.03.17_5g_strategy_-_for_publication.pdf

でもたらされる生産性・効率性の最大化、③英国内外における新たなビジネス機会の創出と国内投資の誘発、という三つの成果を追求する内容となっている。

現在、英国では、同戦略に基づき、政府主導の「5G のテストベッド・トライアル（5G Testbeds and Trials : 5GTT）」プログラムが実施され、幅広い産業分野において多くのプレイヤーが参加する形で、ルーラルエリア及び都市部におけるユースケースの実証実験が展開されている。

B) 共用アクセス免許とローカルアクセス免許

通信庁 (Ofcom) は、2019 年 7 月 25 日、「ローカル免許を通じたワイヤレスイノベーションの実現ーモバイル技術を支えるスペクトラムの共用アクセス」と題する文書を発表し、共用ベースで利用可能な周波数を「共用アクセス免許」又は「ローカルアクセス免許」として先着順で割り当てることとなった¹。両免許ともに、電気通信役務としてサービスを提供することも、日本の L5G のようにプライベート（自営）用として利用することも可能で、5G の可能性が広がりつつある。

「共用アクセス免許」は、既存免許人（公共業務、衛星局、アマチュア無線等）との共用を前提としたうえで、小規模事業者やコミュニティグループなどに門戸を開き、イノベーションや新規利用者を創出することを企図したものである。

一方、「ローカルアクセス免許」は、英国の移動体通信事業者に既に免許されている周波数を、地域によって使用されていない、あるいは、向こう 3 年以内の使用計画がない場合、新たなユーザに開放するものである。

C) 5GTT における免許の形態

5GTT における免許の形態としては、大きく分けて、以下の 3 つの形態がありうる²。

①既存ネットワークプロバイダとの協定

②イノベーション・トライアル免許（イノベーション・リサーチライセンス）³

（さらに以下の 2 種類のカテゴリが存在）

②-1 イノベーション・リサーチ免許（アカデミック・研究目的）

②-2 デモンストレーション・トライアル免許（新しいシステム、電波コンセプトを試験するための非商業・非永続ベースのライセンス）

③ローカルアクセス免許

L5G 振興に係る政府施策

上述のとおり、英国では、政府主導の 5GTT プログラムが進展しており、L5G も含めた振興施策が数多く実施されている。DCMS は、5GTT プログラムの開始以来、英国全体で 24 の 5GTT に資金を提供してきた。これらのテストベッドでは、約 70 の異なる 5G

¹ https://www.ofcom.org.uk/__data/assets/pdf_file/0033/157884/enabling-wireless-innovation-through-local-licensing.pdf

² https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/888369/5G_Testbeds_and_Trials_Programme__5G_Create_-_Application_Guidance_V1.1__1_.pdf

³ p170、https://www.ofcom.org.uk/__data/assets/pdf_file/0032/198770/ofcom-annual-report-and-accounts-2019-20.pdf

テクノロジー製品アプリケーションを試してきた¹。そのなかで、主な L5G（プライベート 5G）の 5GTT の事例としては、以下がある²。

「WM5G」³の主な分野・内容は、製造業、ヘルスケア等で、ウエスト・ミッドランズ合同自治体（WMCA）傘下の組織「WM5G」等が主なプレイヤーである。

「5G ENCODE」⁴の主な分野・内容は、複合材料製造の生産管理で、Zeetta Networks、Telefonica 等が主なプレイヤーである。

「5G Enabled Manufacture（5GEM）」⁵の主な分野・内容は、製造分野の生産管理で、フォード社、ボーダフォン等が主なプレイヤーである。

「Liverpool 5G Create」⁶の主な分野・内容は、健康状態の遠隔管理等を含むヘルスケア・ソーシャルケアで、ブルー・ワイヤレス（Blu Wireless）、ブロードウェイパートナーズ等が主なプレイヤーである。

「ウスターシャー5G コンソーシアム」⁷の主な分野・内容は、ロボット工学、ビッグデータ分析、AR over 5G 等で、ウスターシャーLEP（Local Enterprise Partnerships）、O2、BT、ヤマザキマザック等が主なプレイヤーである。

「5G AMC 2」⁸の主な分野・内容は、建設プロセス管理等で、BAM Nuttall、AttoCore 等が主なプレイヤーである。

(3) ドイツ

L5G 制度の現状

ドイツ連邦ネットワーク庁（BNetzA）は、2 回の意見招請を踏まえ 2019 年 3 月 11 日に「無線ネットワークアクセスアプリケーション用の 3.7GHz-3.8GHz の範囲の将来のアプリケーションプロセスのための基本フレームワーク」を発表した。

申請手続は、2GHz 及び 3.4GHz-3.7GHz のオークションが終了し、ローカル 5G の免許申請が 2019 年 11 月 21 日に開始された。基本フレームワークの概要は以下のとおり。

地域における 5G（lokalen 5G あるいは Campus-Netze mit 5G）周波数利用のために申請を提出することができる。例えば工業団地や見本市会場だけでなく、農業・林業地への割当ても含まれる。申請者は、周波数使用のコンセプトを提示しなければならない。特に、周波数の効率的な使用がどの程度保証されているかを実証する必要がある。なお、ここでの 5G の通信方式は NR 方式を導入するものとし、3.7G~3.8GHz は、NR Band としては n77 または n78 の導入が可能である。ドイツでは移動体通信事業者（MNO）各社がすでに 5G サービスを商用化しており、NR Band は n78 を導入している。免許期間は最長 10 年間であるが、2040 年 12 月 31 日を超えることはない。ただし、TKG 第 55 条（9）

¹ <https://www.gov.uk/government/speeches/matt-warman-keynote-speech-at-connected-britain-2020>

² <https://uk5g.org/>

³ <https://www.gov.uk/government/news/west-midlands-to-become-uks-first-large-scale-5g-testbed>

⁴ <https://uk5g.org/discover/testbeds-and-trials/5g-encode/>

⁵ <https://uk5g.org/discover/testbeds-and-trials/5gem/>

⁶ <https://uk5g.org/discover/testbeds-and-trials/liverpool-5g-create/>

⁷ <https://uk5g.org/discover/testbeds-and-trials/worcestershire-5g-consortium/>

⁸ <https://uk5g.org/discover/testbeds-and-trials/5g-amc-2/>

に基づき、延長の可能性がある。TKG 第 142 条(1)及び(4)に基づき、周波数使用料条例に従って周波数割当手数料¹が徴収される。

L5G 振興に係る政府施策

インダストリー4.0 政策に基づき、IoT を中心とした 5G の産業利用を推進している。なお、技術中立の原則により、5G 以外の技術を用いてもよいが、2018 年 9 月に公開された考慮事項に基づき、連邦ネットワーク庁は、26GHz 帯（24.25～27.5GHz）活用の将来のフレームワーク条件案を作成し、2020 年 2 月 21 日までパブコメにかけられていた。2021 年 12 月 17 日には「ローカルブロードバンド 26GHz 周波数の使用に関する管理規則」が策定されたのち、2021 年 1 月 1 日より免許申請が開始され、2021 年 5 月 6 日現在、5 件の申請があり 5 件の免許が交付された²。

なお、26GHz 帯は、テクノロジーやサービスに中立な方法で利用でき、ワイヤレスネットワークアクセスで電気通信サービスを提供できるものとし、ローカル 5G にも利用可能であるが、産業 4.0 や IoT に実装し、技術中立的な利用を想定している。

(4) フランス

L5G 制度の現状

フランスでは 2020 年末に 5G の商用化を開始し、大手通信事業者 4 社の Bouygues Telecom、Free Mobile、Orange 及び SFR は、既存周波数（700MHz、2.1GHz）及び新規で割り当てられた周波数（3.6MHz 帯）を活用し 5G の展開を進めている。

ローカル 5G については、①通信事業者に割り当てられた 3.6MHz 帯、②26GHz 帯の 5G 実証プラットフォーム、③企業向けの 2.6GHz 帯 TDD 周波数（プライベート 4G・5G）により、ローカル 5G、すなわち産業向け 5G の環境が整備されている。

①2020 年に行われた 3.6GHz 帯の 5G 周波数オークションに際して、フランス政府は規制当局の ARCEP を通じて、オークションの目標を明確し、通信事業者はバーティカル産業のニーズ（機関）に対して金銭的・営業上に適した 5G サービスを提供するべきであるとしている³。

②26GHz 帯では、2019 年から 5G 実証プラットフォームによる実験が行われており、実証試験から生み出されたユースケースをもとに、ローカル 5G に相当するバーティカル産業が構築されることが期待されている。2019 年 1 月、フランス政府と ARCEP は 26GHz 帯のオープン 5G 実証プラットフォームの構成を呼びかけ、同年 10 月に 11 プロ

¹ https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Sachgebiete/Telekommunikation/Unternehmen_Institutionen/Frequenzen/OffentlicheNetze/LokaleNetze/lokalenetze-node.html
https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Sachgebiete/Telekommunikation/Unternehmen_Institutionen/Frequenzen/OffentlicheNetze/LokaleNetze/20191030_Geb%C3%BChrenfaktoren3.7-3.8GHz.pdf?__blob=publicationFile&v=3

² https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Sachgebiete/Telekommunikation/Unternehmen_Institutionen/Frequenzen/OffentlicheNetze/LokaleNetze/20201218_VV26GHz.pdf?jsessionid=4611EC5A9BA37E0B5B4E59ED68A0D200?__blob=publicationFile&v=1
https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Sachgebiete/Telekommunikation/Unternehmen_Institutionen/Frequenzen/OffentlicheNetze/LokaleNetze/Zuteilungsinhaber_26GHz.pdf?jsessionid=4611EC5A9BA37E0B5B4E59ED68A0D200?__blob=publicationFile&v=2

³ ARCEP : https://www.arcep.fr/fileadmin/cru-1562769055/user_upload/grands_dossiers/5G/communique-et-lettre-de-cadrage-orientations-5G_mai2019.pdf

ジェクトが選定された。実証は、従来の通信事業者の他、バーティカル産業の事業者及びコンソーシアムが参加し、実証期間は最大 3 年間までとされる。選定された機関は 2021 年 1 月 1 日までに 5G 実験ネットワークの運用開始を義務付けられる。

③フランスでは、2,57～2,62GHz 帯（2,6GHz 帯 TDD）がバーティカル産業用途に指定されている。既存の産業用途モバイル・ネットワークは低速の 2G がメインである。2,6GHz 帯 TDD の利用により、4G 及び 5G の超高速接続が可能になり、効率性や競争力向上が期待される。

L5G 振興に係る政府施策

ARCEP は、5G 実証プラットフォームは第三者に開放することで、主に以下のメリットがあるとしている。

26GHz 帯の使用が最大 3 年間認められる。

規制サンドボックスにより、通常の規制の枠組みが一部緩和され、実証事業参加機関は革新的なサービスを実証できる。

規制サンドボックスは、具体的にフランスデジタル共和国法を根拠として 2016 年に導入された（CPCE の第 L. 42-1 条 IV 項及び第 44 条 IV 項）。制度活用企業には最大 2 年間、周波数・番号の利用及びネットワーク・オペレータのステータスに関連する義務が全てまたは一部免除される。免除は、商用サービスの実証にも適用されるが、サービスのユーザ数及び売上高について次の制限がある。

半年間の売上が税抜き 50 万ユーロ未満

技術及びサービスのユーザ数が 5 千人未満¹

ARCEP は上述の規制サンドボックスに加え、2018 年に開始した 3,4～3,8GHz、26GHz 帯の 5G パイロット・デスク（実証）及び French Tech Central のインキュベーター・ステーション Station F におけるスタートアップ企業等への案内を通じて、5G 導入に向けた準備を並行している。

(5) 中国

L5G 制度の現状

中国には L5G という制度は存在しないが、プライベート 5G という概念はある。また現時点では、プライベート 5G 専用の周波数が割り当てられていないため、5G 周波数を保有する通信事業者が主体となって、電力、鉱山、港といった法人に向けてのプライベート 5G 網の構築が進められている。

2020 年 8 月に中国聯通が発表した「5G 業界専用ネットワーク白書」²によれば、同社の進めているプライベート 5G 網は、仮想型、混合型及び専用型の三種類に分かれる。それぞれのネットワーク構成イメージ図を図 5- 1、図 5- 2、図 5- 3 に示す³。

¹ ARCEP : <https://www.arcep.fr/professionnels/startups-entrepreneurs/bac-a-sable-reglementaire.html>

² <https://wenku.baidu.com/view/b7a50a88a4c30c22590102020740be1e640ecc13.html>

³ (出典)総務省 世界情報通信事情 中国
<https://www.soumu.go.jp/g-ict/topics/5g/china/index.html>

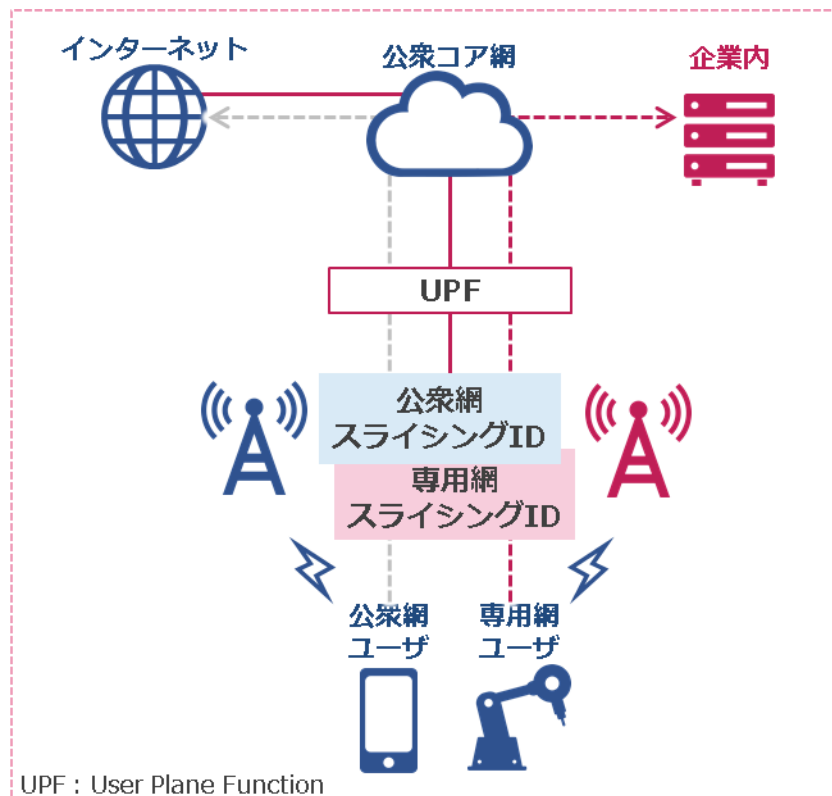


図 5- 1 仮想型プライベート 5G 網イメージ図

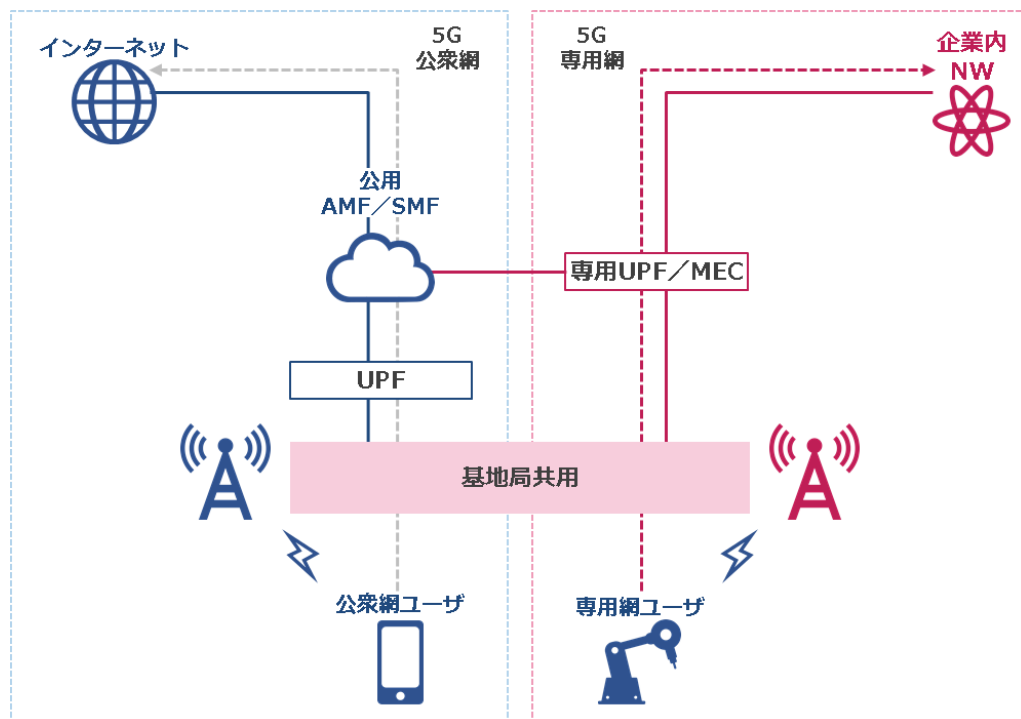


図 5- 2 混合型プライベート 5G 網イメージ図

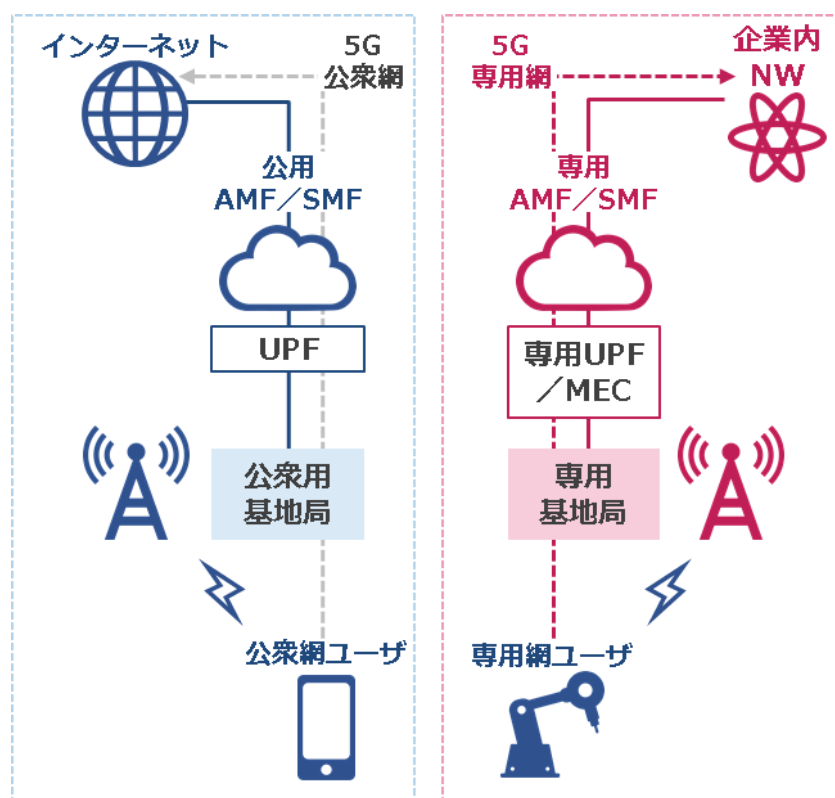


図 5- 3 専用型プライベート 5G 網イメージ図

L5G 振興に係る政府施策

工業・情報化部は 2020 年 3 月に 5G の発展スピードのさらなる加速を図る施策として、「5G の発展加速の推進に関する通知」を発表し、5G の建設ペースを加速する方針を打ち出した。その中では、5G ネットワークの構築の加速化はもちろん、特に 5G の利活用について、「5G+医療健康」や「5G+工業インターネット（Industrial Internet）」、「5G+自動運転」の促進なども明記されている。

中央政府の方針に呼応する形で、各地の地方政府も相次いで各種 5G 関連政策を公表し、2020 年 9 月までに計 460 件に達した。内訳では、省レベルでは 62 件、市レベルでは 228 件、区・県レベルでは 170 件に及ぶ。これら政策の多くは基地局の構築、消費電力に対する補助金の拠出、ユースケースの利用促進に関するものであった。

一方、5G プライベート網の構築促進に関する政策も複数発表されている。下記にその一部を示す。

石炭鉱山におけるスマート化発展の加速に関する指導意見：2025 年までに露天鉱山における運送の無人化を実現する目標を掲げ、そのための 5G プライベート網の構築を推進する（2020 年 2 月、国家発展改革委員会、工業・情報化部、科学技術部、財務部など 8 部門）

5G 加速発展の推進に関する通知：仮想型 5G プライベート網に関する研究・試験的利用に関する取組み、及び関連の標準・技術・応用・整備などのスムーズな実施を求める（2020 年 3 月、工業・情報化部）

新型コロナウイルス感染の影響に対応した情報サービスと消費のさらなる促進に関する政策措置：行政、公安、応急管理、電力、高速道路、船舶、鉄鋼、石油、専用工業拠

点といった重点分野において 10 以上の 5G プライベート網を構築すること、鉄道、空港、港、スマート工場といった業界における 1.8GHz 帯のプライベート網の構築を推進し、国に対して、1.4GHz 帯の使用許可を申請し省内行政領域の応用を推進する。あわせてプライベート網用の 5.9-7.1GHz 帯の申請も行い、行政、公安、応急管理、電力、高速道路、船舶、鉄鋼、石油、大型装備製造、専用工業拠点といった重点分野における 5G プライベート網の実験的利用を模索する、関連の財政支援を強化する。（2020 年 3 月、広東省工業・情報化庁、広東省通信監理局、広東省発展改革委員会など 9 部門）

新型インフラ建設の加速アクションプラン（2020-2022 年）：5G プライベート網の建設強化に加え、冬季オリンピック会場といった特定利用シーンに対応した 5G プライベート網の構築・運営への民間資本の参入を推進する。（2020 年 6 月、北京市経済・情報化局）

（6）韓国

L5G 制度の現状

韓国には 5G 開始当初、通信事業者以外が 5G 免許を取得して 5G ネットワークを活用する L5G に相当する制度は存在しなかった。専用の 5G ネットワーク構築を希望する施設主は 5G 免許を保有する通信事業者（SK テレコム、KT、LG U+）と提携し、通信事業者がネットワーク構築と同時にソリューションまで提供するケースが一般的であった。BtoB 分野の 5G 導入拡大を加速化する狙いから、科学技術情報通信部は 2021 年 1 月に発表した「5G 特化網政策方案」¹ L5G 制度導入方針を示した。5G 特化網とは、建物や工場等の特定地域限定で利用可能な 5G 網であり、該当地域において導入するサービスに特化されたカスタマイズドネットワークのことである。

5G 特化網政策方案では 28GHz 帯（600MHz 幅）の割当て、市場早期ニーズ掘り起こしのための実証事業を推進する計画を盛り込んでいる。後章で述べるとおり、地域（ローカル）5G 事業者のタイプを構築主体とサービス提供対象に区分して、タイプに応じて自営ネットワーク設置者が届出又は基幹通信事業者の登録等の方法で 5G 特化網を導入する。5G 特化網用途周波数は、既存の移動通信事業者の 28GHz 帯と隣接する 28.9～29.5GHz 帯（600MHz 幅）をまず割り当て、6GHz 以下の帯域は、地域共同使用などを通じた BtoB 周波数追加確保で検討する計画である。割当対象地域画定と割当方式、代価算定、干渉解消対策など詳細な供給案は 2021 年 3 月までにまとめる計画である。

L5G 振興に係る政府施策

科学技術情報通信部は、5G 特化網政策方案に基づき、2021 年から港湾や国防など公共部門の L5G 実証事業を進めるとともに、L5G 装置の実証等を進める方針である。また、国内の大・中小企業との協力を通じて B2B 端末開発事業を推進し、端末のエコシステム形成を進めることで、重要な機器・部品の競争力を高め、R&D 拡大とリファレンスの確保も支援する計画としている。

¹

<https://www.msit.go.kr/bbs/view.do?sCode=user&mId=113&mPid=112&pageIndex=1&bbsSeqNo=94&nttSeqNo=3179846&searchOpt=ALL&searchTxt=5G>

L5G 振興に焦点を当てた施策は以上の 2 点であるが、5G 活用サービス全体を促進する政府総合戦略の「5G+戦略」（2019 年 4 月）や、「デジタルニューディール（韓国版ニューディールの中軸を構成するデジタル化戦略）」（2020 年 7 月）では、主に公共・法人向けサービス分野から先行して実証事業を行いながら早期にサービスモデルを開発し市場拡大を図る方針である。5G+戦略では、指定された重点戦略サービス分野（①AR/VR 等体験型コンテンツ、②スマート工場、③自律走行、④スマートシティ、⑤デジタルヘルスケア）で幅広い実証事業が推進される。コロナ禍克服のための雇用創出とデジタル化を進めるために打ち出された大型国家事業のデジタルニューディールでは、データ・AI 活用サービスの基盤インフラとなる 5G 全国網の早期構築を進めることに重点が置かれ、5G インフラ投資への税額控除拡大方針も盛り込まれているが、法人専用ネットワーク促進に絞られた施策は見当たらない。

税制優遇については通信事業者の 5G インフラ早期整備のために 5G ネットワーク投資に対して法人税を控除する方式が取り入れられている。まず、早期 5G インフラ整備促進策として、2018 年 12 月末から 2020 年 12 月 31 日までの時限措置で基地局構築費の最大 3%まで税控除できる優遇措置などを導入している。さらに、科学技術情報通信部は、政府横断で進める 5G 産業活性化の強化を図り、「5G 投資促進 3 大パッケージ」を 2020 年 1 月にまとめ、5G ネットワーク投資に対する税額控除幅を拡大している。政策パッケージの主な内容は次のとおりで、2020 年以降は 5G 関連産業育成のための政策を本格化する。

第2節 日本の産業振興・研究開発支援政策の状況との比較

特に、各国の産業振興・研究開発支援政策に着目して、その具体的な内容を整理すると共に、日本の産業振興・研究開発支援政策の状況と比較し評価する。

1. 日本の産業振興・研究開発支援政策¹

経済産業省では、2021年6月（本年）に、ポスト5G情報通信システム基盤強化研究開発事業の研究開発計画を公開した（表5-1、表5-2）。

これらの研究開発事業領域は、6G基盤の強化に重要と考えられている技術領域で、ネットワークを構成するシステムを網羅し、システムを構成するための技術から、システムで用いる先端技術まで幅広く網羅されている。

それによると、システムとしては、コアネットワーク、伝送路、基地局、MEC(Mobile/Multi-access Edge Computing)、端末、を対象としている。先端技術の広がり、システム、ハードウェア、デバイス、材料、製造方法と多段階の階層に渡っている。

¹ ポスト5Gの情報通信システム基盤強化研究開発
<https://www.meti.go.jp/press/2021/06/20210630001/20210630001-1.pdf>

表 5- 1 ポスト 5G の情報通信システム基盤強化研究開発 (1/2)

技術開発対象	研究レベル	開発技術	システム	ハード	デバイス	材料	製造
コアネットワーク	システム	クラウド型コアの高度化技術	1				
		クラウド型ネットワーク統合管理・自動最適化技術の開発	1				
	先導研究	ネットワーク統合管理技術 (超高信頼性)	1				
		リアルタイム制御技術 (超低遅延性)	1				
		オープンソースソフトウェア技術 (柔軟性・低コスト)	1				
		セキュア通信技術 (超安全性)	1				
基地局	システム	クラウドサーバやMECサーバの低消費電力化技術 (超低消費電力性)	1	1	1	1	
		仮想化基地局制御部の高性能化技術	1				
		基地局無線部の高性能化技術	1	1			
		基地局装置間の相互接続性等の評価・検証技術 (O-RAN IF)	1				
		基地局装置間の相互接続性等の評価・検証技術 (評価・検証環境)	1				
		高周波デバイスの高出力・小型化技術の開発 (高周波GaNデバイス基板結晶成長)	1	1	1		
		高周波デバイスの高出力・小型化技術の開発 (基地局向け高周波GaNデバイス)	1	1	1		
		高温動作可能な光接続技術 (シリコンフォトニクス光トランシーバ)	1	1	1		
		高温動作可能な光接続技術 (光配線)	1	1	1		
		高周波帯アンブ一体型アレイアンテナ実装技術 (高放熱効率)	1	1	1		
		高周波帯アンブ一体型アレイアンテナ実装技術 (高効率アンブ)	1	1	1		
		RAN制御高度化技術	1	1			
	先導研究	新規アンテナ技術		1	1		
		ミリ波・テラヘルツ帯向け集積回路技術			1		
		新規基板材料等の高機能材料技術			1	1	
		基地局増幅器のための広帯域化回路技術			1		
		ソフトウェア基地局の自動最適化技術	1				
		基地局の仮想化、柔軟化技術	1				
伝送路	システム	光伝送システムの高速度化技術	1	1	1		
		光伝送用DSPの高速度化技術	1		1		
		微細化の進展に対応した高速不揮発性メモリ技術	1		1		
		固定無線伝送システム大容量化技術	1	1			
		バス型伝送高度化技術 (基地局～モバイルコア区間のMBH)	1	1	1	1	
		バス型伝送高度化技術 (ブランチ長延伸)	1	1	1	1	
		バス型伝送高度化技術 (給電電力高出力化)	1	1	1	1	
		超高速光リンク技術	1	1	1		
		光スイッチ高度化技術	1		1		
	先導研究	フロントホール (RU、DU間) 向け光リンク技術	1	1			
		MEC内通信向け光インターコネクト技術		1	1		
		メトロ・長距離網向け光伝送ネットワークの大容量化技術		1	1	1	
		光アクセスネットワークの仮想化技術	1	1			
端末	システム	端末通信機能構成技術 (調低遅延)	1	1			
		端末通信機能構成技術 (柔軟通信設定)	1	1			
MEC	システム	MEC向け大規模先端ロジックチップ設計技術	1	1	1		
		MECサーバ向け広帯域・大容量メモリモジュール設計技術	1	1	1		
	先導研究	MECを構成する半導体、周辺デバイス等の高性能化・低遅延化			1		
		MEC内通信向け光インターコネクト技術【再掲】		1	1		
		クラウドサーバやMECサーバの低消費電力化技術 (超低消費電力性) 【再掲】	1	1	1	1	
		MEC利用によるアダプティブロボット群リアルタイム制御技術	1	1	1		
応用システム	先導研究	デジタルツイン実現のための高精度測位・同期制御技術		1	1		
		MEC利用によるアダプティブロボット群リアルタイム制御技術【再掲】	1	1			
		革新的応用システム技術 (産業のスマート化)	1				

DSP(Digital Signal Processor):デジタル信号処理 LSI

DU(Distributed Unit):5G 基地局のデジタル部

MBH(Mobile Back Haul):モバイルバックホール

MEC(Multi-access Edge Computing):マルチ・アクセス・エッジ・コンピューティング

RAN(Radio Access Network):無線アクセス網

RU(Radio Unit):基地局 無線装置

表 5- 2 ポスト 5G 情報通信システム基盤強化研究開発 (2/2)

技術開発対象	研究レベル	開発技術	システム	ハード	デバイス	材料	製造
半導体後工程技術	先端半導体製造技術	高性能コンピューティング向け実装技術		1	1	1	1
		エッジコンピューティング向け実装技術(3次元積層半導体等)		1	1	1	1
	/	実装共通基盤技術					
	先導研究	- 実装部材(例:パッケージ基板、封止材、放熱材、研磨剤等) - 実装部材を構成する材料(例:コア材、絶縁材料・フィルム、接合材料等) - 実装部材の製造・アセンブリー技術(例:パッケージ基板製造技術等)			1	1	1
半導体前工程技術	先端半導体製造技術	露光・微細加工技術(微細な三次元構造の加工・形成技術等)					1
		成膜技術(新材料チャネル、新材料配線、極薄膜/多層積層技術等)					1
		配線技術(微細孔への埋め込み、裏面配線等)					1
	造技術	アニール技術(極薄膜対応技術、低熱履歴化技術等)					1
	/	エッチング技術(新材料、新構造のエッチング技術等)					1
	先導研究	洗浄技術(微粒子/メタル濃度の極低濃度化等)					1
		革新的な高生産性プロセス技術					1
		半導体と一体として機能するメモリ(キャッシュ用途等)の製造技術					1

2. 日本及び諸外国の産業振興・研究開発支援政策¹

①日本

2016 年 1 月に閣議決定された第 5 期科学技術基本計画では、AI については、2019 年 3 月に「人間中心の AI 社会原則」がまとめられた。これは、Society 5.0 において、人々が過度に AI に依存することなく AI を活用する社会を目指すための原則である。この原則を尊重し、Society 5.0 の実現を通じて世界規模の課題の解決に貢献するとともに、我が国自身の社会課題も克服するための戦略として、同年 6 月に「AI 戦略 2019」が策定された。AI 戦略 2019 では、4 つの戦略目標(人材、産業競争力、技術体系、国際)を設定し、その達成に向けて、「未来への基盤作り」、「産業・社会の基盤作り」、「倫理」に関する具体的な目標と取組みを特定している。

量子技術については、2020 年 1 月に「量子技術イノベーション戦略」が策定された。同戦略において、量子技術は、将来の経済・社会に変革をもたらし、また、安全保障の観点からも重要な基盤技術であるとして、量子技術イノベーションを明確に位置づけ、総合的かつ戦略的に推進すべきとしている。個別の技術毎に、産業化や社会実装に向けたタイムスパンが異なるであろうことから、10～20 年程度の中長期、5～10 年程度を見通した短中期の両側面から、関連技術や周辺技術の波及、社会実装等も念頭に置いた計画的・戦略的な取組みが重要であるとしている。

なお、後に策定された統合イノベーション戦略 2020 において、AI 技術及び量子技術それぞれの戦略を着実に実行することが示されているほか、新型コロナウイルス感染症の拡大の影響によるリモート・サービスへのニーズの高まりが浮き彫りとなり、Society 5.0 の実現を加速していくためにも、あらゆる分野でデジタル・トランスフォーメーション(DX)を重点的に進め、社会変革を一気に加速することの重要性から、「社会のデジタル化を支える基盤整備」、「信頼性のある自由なデータ流通の実現及び

¹ 研究開発の俯瞰報告書(主要国の研究開発戦略 2021、国立研究開発法人科学技術振興機構研究開発戦略センター(CRDS)、<https://www.jst.go.jp/crds/report/CRDS-FY2020-FR-05.html>)

データ駆動型社会の社会実装」、「研究データ基盤の整備・国際展開」などの取組を推進することとしている。

②米国

次世代 AI や量子情報科学、先進通信など国際競争の激しい先端技術領域における政策的な取り組みは活発である。2018 年 5 月には、「米国産業のための人工知能（AI）」サミット、同 9 月には「量子情報科学における米国リーダーシップ強化」サミット、同 9 月には「5G 通信」サミットが開催され、有識者による政策議論が交わされた。これら議論を踏まえた、各領域の国家戦略策定も進んでいる。

AI については、2019 年 2 月に大統領府主導で「米国 AI イニシアティブ」が打ち出されており、研究開発、人材育成、基盤整備（データ、インフラ、規制、標準化等）への集中投資と、国際枠組みにおける米国 AI 企業への市場開放と国益確保の両立という方針が掲げられている。また、2019 年 6 月には、国家 AI 研究開発戦略の改訂版が発行された¹。同改訂版は、従来版の戦略（2016）における研究開発、人材、倫理・セキュリティ等の取組事項を踏襲した上で、「官民パートナーシップ拡大」を新たな取組事項として追加している。

AI 技術の標準化に関しては、NIST が 2019 年 8 月に「技術標準および関連ツールの開発における連邦政府の関与計画」を公表し、AI 技術標準と関連ツールの開発に関する現況、計画、課題、機会、および連邦政府による関与の優先分野を特定している。AI の規制に関しては、OMB が「AI アプリケーション規制のためのガイダンス」を策定した（2020 年 1 月に案公示、同 11 月に確定）。当該文書は、連邦制府以外で開発・使用される AI に対する規制を連邦政府機関が作成する際の指針を示すものである。連邦政府における AI の開発・使用については、2020 年 12 月に発出された大統領令によって連邦政府機関が従うべき原則が示されるとともに、それら原則の実装に向けた計画のロードマップの作成が OMB に指示された。また、2021 年 1 月には国防権限法 2021 の一部として「国家 AI イニシアティブ法」が成立し、DOE、NSF、NIST における AI 分野の取り組みに 5 年間で約 63 億ドルの投資を行う権限が付与された。

量子分野については、2018 年 9 月に NSTC の量子情報科学小委員会から「量子情報科学に関する国家戦略概要」が発表された²。同戦略概要では、「科学ファーストのアプローチ」、「技術者の確保・教育改革」、「量子産業の創出」、「重要インフラの提供」、「国家安全保障と経済成長の確保」、「国際協力の推進」の 6 つの政策の方向性が示された。2018 年 12 月には大統領署名により「国家量子イニシアティブ法」が成立し、DOE、NSF、NIST における量子分野の取り組みに 5 年間で約 13 億ドルの投資を行う権限が付与された。OSTP は同法に基づき、2019 年 3 月に量子研究開発に関する政策調整を担う国家量子調整室（NQCO）を創設した。NQCO は量子コンピュータと量子センサのリンクに焦点を当てた「米国の量子ネットワークの戦略的ビジョン」（2020 年 2 月）や量子研究の現状と優先分野を整理・特定した「量子フロンティア」（2020 年 10

¹ NSTC, “The National Artificial Intelligence Research and Development Strategic Plan : 2019 Update,” 2019

² NSTC, “National Strategic Overview for Quantum Information Science,” 2018

月)を公表している。また OSTP は、NSTC 内に量子科学経済・安全保障影響小委員会も設立した。同小委員会は、量子研究開発に基づく経済成長と国家安全保障上の恩恵と課題に関する助言を提供することを目的としている。さらに、2020 年 8 月に OSTP は NSF と共同で、産学のパートナーと協力して幼児教育および初等中等教育課程における量子教育へのアクセスを拡大する「全米 Q-12 教育パートナーシップ」を開始した。国際協力の面では、2019 年 12 月に量子研究に関する日米協力を強化する「東京声明」が署名されている。

5G 通信については、2018 年 10 月に新戦略策定に向けた検討を指示する大統領覚書が発出された。これを踏まえて OSTP は 2019 年 5 月に「無線通信における米国のリーダーシップ確保のための研究開発の優先事項」および「新興技術とそれらの非連邦周波数帯域需要への予想される影響」に関する報告書を公表した¹。2020 年 3 月には、「セキュア 5G・アンド・ビヨンド法」が成立し、これに合わせ大統領府は「5G の安全性を確保するための国家戦略」を発表し、米国が価値観を共有する同盟国とともに、安全で信頼性の高い 5G 通信インフラの開発、設置、管理を主導する戦略目標を示した。

情報科学技術分野の研究開発は、1991 年に開始された省庁横断型のイニシアティブ「ネットワーキング・情報技術研究開発 (NITRD)」により戦略的に取り組まれている。NITRD プログラムには現在 23 省庁・機関が参加しており、ネットワーキング、システム開発、ソフトウェアやそれらに関連する情報技術分野の研究開発活動を調整している。

NITRD は、プログラム・コンポーネント・エリア (PCA) と呼ばれる研究対象領域を設定し、あらかじめ各領域への予算配分割合を決めて戦略的に投資している。PCA は、各省庁における研究開発活動や政権の優先事項を反映して適宜見直されるものであり、2021 年度は以下の 11 領域が設定されている。このうち AI は、2020 年度新規に設定されたものである。

- ① 人工知能 (AI)
- ② 人のインタラクション、コミュニケーション、能力向上のためのコンピューティング (CHuman)
- ③ フィジカルシステムをネットワーク化するコンピューティング (CNPS)
- ④ サイバーセキュリティとプライバシー (CSP)
- ⑤ 教育と労働力 (EdW)
- ⑥ ハイケイパビリティコンピューティング・システムの研究開発 (EHCS)
- ⑦ ハイケイパビリティコンピューティング・インフラと応用 (HCIA)
- ⑧ インテリジェント・ロボット工学と自律システム (IRAS)
- ⑨ 大規模データ管理と解析 (LSDMA)
- ⑩ 大規模ネットワーク (LSN)
- ⑪ ソフトウェアの生産性・持続可能性・品質 (SPSQ)

2020 年度の NITRD 予算は 67 億ドル、うち AI 関連は 11 億ドルとなっている。2021 年度予算教書 (予算に対する政権の意向) では NITRD 全体で 65 億ドル、うち AI 関連

¹ OSTP, “Ensuring America Reaches Its 5G Potential,”

<https://www.whitehouse.gov/articles/ensuring-americanreaches-its-5g-potential/> (2021 年 1 月 20 日アクセス)

で 15 億ドルが示されており、AI 関連の研究開発投資を加速させる姿勢が表れている。
 なお、いずれの金額も、DOD および DARPA の AI 関連予算は非公開のため含んでいない。

③欧州連合（EU）

直接的に、6G に関連の技術に対する産業振興政策は見当たらなかった。

しかし、DX を加速するための新規プログラムとして、2021 年から「デジタル・ヨーロッパ（Digital Europe）」が新たに実施され、その中で AI が上がっている。

総予算額は 2021 年～2027 年の 7 年間で 75 億 8,800 万ユーロ（現行価格）であり、スーパーコンピュータ、AI、サイバーセキュリティなどの機能強化に必要なインフラを構築する。詳細は図表 III-18 の通りである。Horizon Europe や「コネクティング・ヨーロッパ・ファシリティ（CEF）」¹ といった他のプログラムと補完的に機能することで EU の DX を進める狙いがある。

【図表 III-18】 デジタル・ヨーロッパの詳細

分野	概要	金額（€）
高性能コンピューティング	<ul style="list-style-type: none"> ・2023 年までに世界級のエクサスケールスーパーコンピュータ完成 ・アクセシビリティ向上、健康・環境・安全等の公共分野におけるスーパーコンピューティングの利用拡大 	22.3 億
人工知能（AI）	<ul style="list-style-type: none"> ・企業や行政機関による AI 利用への投資 ・「欧州データ空間」の構築 ・EU 加盟国の健康・交通分野などにおける既存 AI 実験施設の強化・支援 	20.6 億
サイバーセキュリティ・信用	<ul style="list-style-type: none"> ・量子通信インフラを通じた光通信・サイバーセキュリティ分野の能力強化 ・ネットワークや情報システムの均一な高レベルのセキュリティ実現のための加盟国と民間部門の先端スキル・能力強化 	16.5 億
先端デジタルスキル	データ、AI、サイバーセキュリティ、量子などの主要分野における将来の専門家のための特別プログラム・訓練の設計と提供	5.8 億
経済・社会全体でデジタルの幅広い利用確保	<ul style="list-style-type: none"> ・ヘルス、グリーン分野における高インパクトの社会実装支援 ・「デジタルイノベーションハブ」のネットワーク構築・強化 	10.7 億

出典：欧州委員会ウェブサイト⁵⁸などをもとに CRDS で作成

④英国

2018 年、英国上院は AI に関する報告書” AI in the UK: ready, willing, and able?” を発表した。この報告書では、大手テクノロジー企業によるデータの独占利用の可能性についての検討、英国の中小企業が AI を活用してビジネスを拡大するための成長基金の創設、英国の大学内で行われている優れた研究から AI スタートアップを

¹ エネルギー、電気通信、交通の三分野における高性能のインフラ構築に資金を提供するプログラム。2014 年～2020 年の総予算は 304 億ユーロ。European Commission, “Connecting Europe Facility”, <https://ec.europa.eu/inea/en/connecting-europe-facility> (2021 年 1 月 19 日アクセス)

スピニアウトするメカニズムの標準化、データ集約型のディープラーニングにとどまらない幅広い AI 研究への投資、などが提言されている。

⑤フランス

デジタル人材及び人工知能（AI）研究に関する取り組み

人工知能（AI）に関するヴィラーニ報告（2018 年 3 月）に基づき、政府は AI 研究を支える数学系人材とデジタルに関する国の戦略を発表した。但し、4 つの戦略分野（健康・医療、環境、輸送、防衛・セキュリティ）を設定しており、通信分野には触れられていない。

人工知能（AI）については、2019 年に仏、独、日間でこの分野での研究協力を強化することを目的としてプロジェクト公募が開始されており、ANR、ドイツのドイツ学術振興会（DFG）、日本の科学技術振興機構（JST）が共同で資金支援する公募が開始されており 9 件のプロジェクトが選定された。

⑥中国

〈人工知能技術関連の動向〉

7.2.6 で既述の通り、2017 年 7 月、国務院から次世代人工知能発展計画（通称「AI2030」）が発表された。「AI2030」を受けて、科学技術部は 2017 年 11 月に「次世代人工知能（AI）発展規画及び重大な科学技術プロジェクト始動会」を開催した。同会議で、以下①～④の第一期国家次世代人工知能オープン・イノベーション・プラットフォームリストを公表し、2018 年 9 月には 5 つめのプラットフォームとして商湯集団（SenseTime 社）による「AI 画像処理技術」を追加した。これらの企業を政府が後押しすることにより、官民共同支援体制を更に進めている。

i) 百度（Baidu, バイドウ、中国で最大の検索エンジンを提供する企業である）により「自動運転」国家次世代人工知能オープン・イノベーション・プラットフォームを構築する

ii) 阿里雲公司（Alibaba Cloud, アリババグループの傘下企業、中国最大のクラウドサービスを提供するプロバイダである）により「都市ブレイン」（スマートシティの計算センタ）国家次世代人工知能オープン・イノベーション・プラットフォームを構築する

iii) 騰訊公司（Tencent 社）により「医療画像認識」国家次世代人工知能オープン・イノベーション・プラットフォームを構築する

iv) 科大訊飛公司（iFlytek 社。1999 年に設立された音声認識・音声合成領域の人工知能会社）により「スマート音声」国家次世代人工知能オープン・イノベーション・プラットフォームを構築する

v) 商湯集団（SenseTime 社）により「AI 画像処理技術」国家次世代人工知能オープン・イノベーション・プラットフォームを構築する

その他、同会議では、「次世代人工知能発展規画推進事務室」及び「次世代人工知能戦略諮問委員会」を発足させることを公表した。

また、工業情報化部は 2017 年 12 月に「人工知能産業発展を促進するアクションプラン（2018 年～2020 年）」を発表した。地方政府も独自の対策を打ち出しており、

2018年9月、上海市政府は「人工知能技術の高水準発展を推進する実施方法」を公表し、国内での人工知能産業をリードする姿勢を示した¹。他には、北京市や重慶市等の都市が同様の政策を発表している。

一方でガバナンス面でも動きがあり、2019年5月、科学技術部と北京市政府が支援する北京智源人工智能研究院²が「北京AI原則」を発表した。人間のプライバシー、尊厳、自由、自律性、権利が十分に尊重されるべき等の、人工知能の研究開発における指針を示している。同年6月、科学技術部は、「新世代人工知能ガバナンス原則³」を公表し、開発者から使用者、管理者は社会的責任と自律意識を持ち、法令・倫理道德と標準機半を厳守し、人工知能を違法活動に使用しない旨、指針を定めた。

＜量子通信・量子コンピューティング技術等の動向＞

「国家中長期科学技術発展計画綱要」においては、重大科学研究の一項目として「量子制御」を指定している。「国家イノベーション駆動型発展戦略要綱（2016年～2030年）」では、「産業技術体系のイノベーションの推進、発展のための新たな優位性の創造」をすべき分野に量子情報技術が挙げられており、「再度手配すべき重大科学技術プロジェクト及び事業」に量子通信が挙げられている。更に「十三五」でも「量子通信・量子コンピュータ」を重点領域に指定している。

中国科学院と民間企業のアリババグループ（阿里巴巴集団）が2015年に「量子計算実験室」を共同設立した。2017年には人工衛星を用いた実験で、1,200kmの距離間での量子暗号通信実験に成功した。さらに、同年、北京と上海を結ぶ全長2,000km以上の量子通信幹線ネットワーク「京滬幹線」を構築した。2020年6月、中国科学技術大学の研究チームは、世界初の量子科学実験衛星「墨子号」を用い、もつれに基づく無中継の1,000km級量子機密通信を実現したと発表している⁴。

安徽省合肥市に総工費760億元⁵（約1兆2,200億円）をかけた「量子情報科学国家実験室」を建設中で、2020年完成予定である。その他合肥市では、潜水艦のナビゲーションシステムへの応用が期待でき、各国の開発競争が激化している「量子コンパス」や極超音速エンジン等、機密度の高い研究開発も多く実施されている。

¹ 中華人民共和国中央人民政府 http://www.gov.cn/xinwen/2018-09/18/content_5322900.htm（2020年12月23日アクセス）

² Beijing Academy of Artificial Intelligence

³ Governance Principles for the New Generation Artificial Intelligence

⁴ 中国新聞網「墨子号が新しいブレークスルーを達成」<http://www.chinanews.com/gn/2020/06-15/9213255.shtml>（2020年12月23日アクセス）

⁵ 総工費は、レファレンスにより諸説あり。

第6章 調査結果のまとめ

第1節 経済安全保障観点も含めた政策的対応の可能性に着目した調査・分析結果

1. 5G 通信とキーとなる市場、供給体制等における対応政策

5G 通信の主要な要求条件としては、超高速：伝送速度 10Gbps 以上、超低遅延：1 ミリ秒以下の遅延、多数同時接続：接続機器数 100 万台/k m²があげられている。

これらを実現するための 5G 通信要素技術の全体像を示す。

5G 通信では、要求条件を実現するため、5-6GHz 帯等、従来より高い周波数が利用され、Massive MIMO 等の技術が適用されている。また、今後のトラフィックの増大等を考えると、ミリ波などの開拓が必要になる。高周波数帯は、空間伝搬に伴う減衰が大きく、かつ、直進性が高いため、セル半径は小さく、建物等による遮蔽の影響が大きくなる。このため、ビームフォーミング技術、Massive-MIMO と呼ばれる超多素子アンテナ技術や、ソフトウェア・ハードウェアの構成を柔軟に選択する制御技術などを含むネットワーク仮想化技術等が注目されている。

まず、5G 通信対応の基地局数に関するメーカシェアを下図に示す。主要プレイヤーはファーウェイ（中国）、エリクソン（スウェーデン）、ノキア（フィンランド）で、2021 年の予測では 3 社で約 80%を占める。日本企業は、日本電気、富士通のシェアは 2018 年で 0.8%、0.7%に過ぎず、存在感が極めて薄い状況となっている。

この理由について、有識者からは

- ①国内市場だけでは開発コストを回収できない（中国市場は国内市場の 10 倍以上）
 - ②国内機器ベンダは、リスクのある海外市場を開拓してこなかった
 - ③国内オペレータの調達には、国内外無差別に、最適なベンダを選定している
- 等の指摘があった。このような状況下で、我が国の企業が主要プレイヤーになるためには、それなりの戦略が必要となる。

次に、5G 通信でキーとなる装置として、世界的に注目されている仮想 RAN（vRAN）、及びオープン化 RAN（O-RAN）関連製品について、主要ベンダと製品概要を下表に示す。いずれも vRAN 及び O-RAN に対応し、従来の一体型 RAN からマルチベンダ化の製品開発が進展している。

表 6- 1 vRAN の主要ベンダと製品概要

企業名	製品名	概要
ノキア	AirScale Cloud RAN	<ul style="list-style-type: none"> ・ 2019 年には、仮想化 CU を提供。 ・ 2022 年には、仮想化 DU の商用化予定。
エリクソン	Ericsson Cloud RAN	<ul style="list-style-type: none"> ・ x86 汎用サーバを使って DU と CU を構成する。 ・ 2021 年 4Q から提供予定。 ・ 2022 年後半に、Massive MIMO 等を追加予定。
サムスン電子	Samsung vRAN 2.0	<ul style="list-style-type: none"> ・ vRAN 1.0 では CU を仮想化 ・ vRAN 2.0 では DU を仮想化し、ベライゾンへ提供
アルティオスター ¹	Open vRAN	<ul style="list-style-type: none"> ・ 2020 年に楽天モバイルと世界初のクラウド型のソフトウェアを開発 ・ 楽天モバイルネットワーク、インド、米国等で運用実績

（出典）各社ニュースリリースより作成

CU(Centralized Unit):5G 基地局の集約部
DPU(Data Processing Unit)データ・プロセッシング・ユニット
DU(Distributed Unit):5G 基地局のデジタル部
GPU(Graphics Processing Unit):グラフィックス描画用高速半導体チップ
RU(Radio Unit):基地局 無線装置
vRAN(virtual Radio Access Network):仮想無線アクセスネットワーク

¹ 2021 年 8 月に楽天グループが米 AltioStar Networks 社の完全子会社化を発表

また、vRAN の部品に相当する仮想化基盤の製品概要を下表に示す。5G 通信ではリアルタイム性が求められるため、汎用サーバでなく、特化したアクセラレータの導入が進展している。注目されている vRAN 分野でも主要プレイヤーは、製品では欧州と韓国企業が優位を占め、仮想化基盤では米国のチップベンダが市場をほぼ独占している。

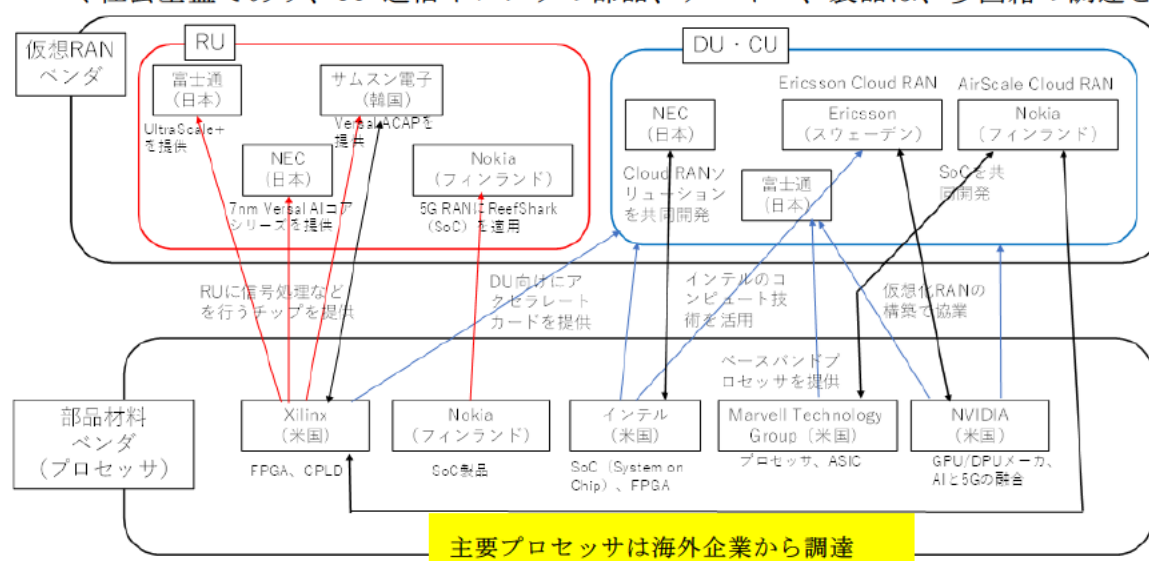
表 6- 2 仮想化基盤に関する部品ベンダと製品概要

企業名	製品名	概要
クアルコム	Qualcomm 5G RAN platform	高無線通信性能、大型・小型の基地局に対応できるスケラビリティのあるプラットフォーム。
NVIDIA	NVIDIA Aerial AI100	実時間処理に適した、GPU と DPU を搭載したアクセラレータカード。
ザイリンクス	Zynq RFSoc DFE	RU 向けチップ。2020 年末発表。ビームフォーミングを、処理能力を 2 倍にしながら消費電力を約半分に抑えて実現する。

(出典) 各社ニュースリリースより作成

次に、vRAN ベンダとチップベンダの相関を下図に示す。

前述の基地局ベンダ、RAN ベンダ、及び、仮想化基盤等の主要デバイスは海外ベンダに依存している。5G 通信インフラは多くの国、企業が参画して制定した標準化に基づく社会基盤であり、5G 通信インフラの部品、デバイス、製品は、多国籍の調達となる。



(出典) 各社ニュースリリース等から作成

図 6- 1 vRAN ベンダとチップベンダの相関

従来の移動通信インフラ機器はシングルベンダだが、仮想化、オープン化の動きが進むと、異なるベンダ機器を組み合わせることが可能になる。実際、日本電気、富士通では、競争力のある自社 RU と他社の DU, CU をセットにしてシステム全体を供給する戦略をとろうとしている。一方で、従来独占してきた海外主要ベンダは、この流れを阻止する動きが想定される。我が国の 5G 機器ベンダのグローバル展開を進めるためには、多方面からの支援策が必要になると考えられる。

2. 核心技術の国内保有者育成の政策

前述したように、基地局のメーカーシェアは、ファーウェイ、エリクソン、ノキア、サムスン電子が占め、日本企業の存在感が極めて薄い状況になっている。

有識者ヒアリングでは、「国内企業が通信機器の研究開発をやめたので、技術者がいなくなっている」「大学を卒業すると有能な人材は海外ベンダへいく」「大学では優れた研究を行っているが、企業に関心を示さない」などの課題指摘があった。

なお、楽天グループでは、諸外国から 5G 技術者を集め、人材不足に対応している事例もあるが、これらを踏まえて、以下の提言が示された。

- ・企業が技術・製品開発を続けられる政策が必要である
- ・人材育成は、各社に任せるのではなく、積極的な施策が求められる
- ・国が、先端技術開発を進めるためのニーズを掘り起こす必要がある（米国では、軍がファーストカスタマ）

日本の 5G 通信の核心技術としては、各種記事から、NEC が米国アナログ・デバイセズ社（ADI）と共同開発した Massive MIMO アンテナ、また東工大と共同開発した 5G 向けミリ波帯フェーズドアレイ無線機、三菱電機の多素子アンテナと高周波回路を一体化した 28GHz 帯超多素子アンテナ・RF モジュール、村田製作所の低損失チップ積層セラミックコンデンサ等 5G 向けの高周波向けの電子部品、産総研が新技術研究所と共同開発した、5G 用の低損失基板に向けた高強度異種材料接合技術等があげられる。また、パナソニックは、カナダ Qstasic 社とシステム・オン・チップの無線基地局プラットフォームの共同開発を進めており、日本企業が保有する核心技術候補と考えられる。

これらのアナログ系技術は、日本がまだ優位にある分野だが、中国、韓国企業の追い上げが激しい状況にあり、6G 以降に向けて更なる高周波対応、低消費電力化などの技術開発が重要になる。

今後も、アナログ系技術の競争力を維持、向上するために、企業や大学、機関などを含めた研究開発の推進支援、特に中小企業やスタートアップ企業でのニーズと技術シーズのすり合わせ支援などの政策が考えられる。

第2節 6G 通信に向けて想定される市場構造の変化や主要プレイヤーの移行についての分析と予測

1. 6G 市場に向けての変化要因と核心技術の候補

6G 通信に向けては、まず 6G が目指している機能を下表に示す。5G 通信からの延長として、高速・大容量、低遅延、多数同時接続があるが、それぞれ 1 桁以上の性能向上を目指している。

新たな機能としては、低消費電力、安全・信頼性、自律性、拡張性があげられている。低消費電力は光通信やハードだけでなく、AI 技術も含まれている。安全・信頼性は、社会基盤インフラとしての役割を明示した目標で、自律性は、ネットワークの完全仮想化技術が期待され、拡張性では衛星や HAPS、水中音波通信などどこでも何とでも繋がることを目標としており、これらが 5G 通信からの変化要因の一つとなる。

表 6- 3 6G の優劣を分ける機能俯瞰表

分類	機能名	概要
5G の特徴的機能の更なる高度化	高速・大容量	5G の特徴的機能を更に高度化させ、「超高速・大容量」、「超低遅延」、「超多数同時接続」といった機能を具備することで、あらゆる場所からの膨大なデータを瞬時に正確に処理できるようになる。 具体的には、2030 年代に想定されるデータ通信量や通信機器数を踏まえると、アクセス通信速度と同時接続数は 5G の 10 倍、コア通信速度は現在の 100 倍が目標となる。また、上記の CPS の高精度な同期を実現するためには、5G の 1/10 の低遅延とそれを補完するネットワークの高度な同期が必要と考えられる。
	低遅延	
	多数同時接続	
求められる新たな機能	低消費電力	低消費電力化の技術開発がなされない場合、2030 年の IT 関連の電力消費量は 2016 年の 36 倍（現在の総電力消費量の 1.5 倍）となると考えられる。 こうした電力消費量の大幅な増加に余裕を持って対応するため、現在の 1/100 程度の消費電力に抑えることを検討する必要がある。
	安全・信頼性	利用者が意識しなくてもセキュリティやプライバシーが常に確保され、災害や障害の発生時でもサービスが途絶えず、瞬時に復旧する機能。
	自律性	AI 技術等を活かし、人手を介さず（ゼロタッチ）、あらゆる機器が自律的に連携し、有線・無線を意識せず即座に利用者のニーズに合わせて最適なネットワークを構築する機能。
	拡張性	端末や基地局が、衛星や HAPS（High Altitude Platform Station）等の異なる通信システムとシームレスに繋がり、また、端末や窓など様々なものも基地局とすること（ユビキタス基地局）で、至る所にある機器が相互に連動しつつ、海、空、宇宙を含むあらゆる場所で通信を利用可能とする機能。

HAPS(High Altitude Platform Station):高高度基盤ステーション

次に、6G 通信を実現するための主要技術の技術俯瞰表を、次表に示す。ネットワーク運用のインテリジェンスを高める AI 技術、ネットワークが流通させるデータの安全性や価値を高めるブロックチェーン技術、6G ならではのネットワーク性能を活かしたメタバースなどの実現に資する VR/AR/MR などの技術が含まれ、主要技術がより広範囲にわたることも、変化要因の一つと考えられる。

表 6- 4 6G の中核をなす主要技術の技術俯瞰表

技術区分	技術項目	技術概要
6G 構成 要素 技術	テラヘルツ波	5Gで用いられているミリ波より高周波数帯の電波を用いることで、更に高速・広帯域を実現する技術である。基盤となる技術は、測定分野などの他の産業領域で既に活用されており、これらの技術を6Gに適用することで、更なる高周波数帯への拡張を目指している。
	非地上通信	衛星だけでなく、HAPSやドローンなど、無線基地局を搭載できる空中浮遊物の技術の開発が進んでいる。大気による減衰や建物の遮蔽などを抑えることができる上空に基地局を配置することで、無線通信の更なる効率的な活用を目指している。
	体内外無線通信	人物を中心に据えた通信環境の提供を目指す
	全光通信	光のままでのルーチングなども可能とする全光通信は、光信号と電気信号との変換エネルギーの消費を抑えることができること、また無線と比べて高速・長距離、電磁誘導ノイズ耐性、傍聴耐性など、無線の弱点を補う機能が期待できる。このため、5Gと比較し数十倍のエネルギー消費が懸念される6Gにおける、省電力化課題の解決が期待されている。
	量子暗号・通信	量子力学の原理を活用して通信内容を秘匿化する量子暗号技術と、量子暗号化されたデータによる光通信技術を指す。量子暗号は、光の量子状態が観測によって歪むことを利用することで盗聴の有無を判別し、盗聴されていない公開鍵を用いて復号化する。光の量子状態は観測以外の要因でも歪むことから、量子状態の安定した伝送が課題となっている。
	時空間同期	無線通信技術に高精度時刻同期を持ち込むことで、送受信端間の遅延時間を待ち合わせ時間などを設けず確実に保証する技術である。6Gでは、低遅延かつ送受信時間の揺らぎを保証したサービス提供の切り札として、安価で超高精度の時空間同期の導入が期待されている。
	エッジコンピューティング (EC)	ECは、IoTなどで情報発生源の近くに信号処理部を配置して有効情報だけを送信することや、端末の移動やトラフィック流量の変化などに対応し最適化する役割も期待されている。6Gでは、ネットワークを構成する基盤、提供機能、利用産業などの多様化が更に進められることから、エッジでの更なる最適な組み合わせを実現するECが期待されている。
6G 無線 統合 技術	MIMO・ビームフォーミング	MIMO技術は、4G時代から複数の送信アンテナから同時にデータを送信しそのデータを複数の受信アンテナで受信する技術として用いられており、5Gではミリ波への対応やビーム制御技術が加えられて、進化している。6Gでは、離れたアンテナや衛星通信など更に高度な運用が必要とされている。
	ネットワークスライシング	ネットワークリソースの分割利用
6G 高度化 技術	自律制御	主に、6G構成要素技術の自律的な構築、連携（イネーブラー）を実現する。
	AI技術	AIの学習性能は日進月歩で進化しており、自然言語を対象とした領域も含め、AI技術が適用可能な利用形態が拡大してきている。一方、6Gネットワークは、ネットワーク構成要素の多様化に加え、医療・交通、農業など価値観の異なるサービスの提供が期待され、そのための最適なネットワーク運用を自動化するAI技術の活用が期待されている。
	xR技術	VR/AR/MRなどのリアリティ映像の技術は、空間同士をインタラクティブに繋ぐ究極のHMI技術として注目されている。6Gでは、超低遅延での遅延保証や遅延レベルの選択など地点間の距離を克服する目標が掲げられており、それらの機能を用いることで、空間をつなぐ三次元ホログラフィックライク通信の実現が期待されている。
	ブロックチェーン	ネットワーク連携におけるデータ・情報セキュリティ
6G サービス	センシング	新規
	スマートシティ	新規
	精密XX	新規
	医療関連ICT	新規
	M2M	5Gから継続
	V2X	5Gから継続
	IoT	5Gから継続

AI(Artificial Intelligence): 人工知能
EC(Edge Computing IoT): 端末近隣にサーバ分散配置する方式
M2M(Machine to Machine): 機械(Machine)間直接通信技術
MIMO(Multiple-Input and Multiple-Output): 複数アンテナによる通信品質向上技術
V2X(Vehicle to everything): 自動車とモノを繋げる無線通信技術総

6G 通信市場では、上述した変化要因はあるが、基本的には 5G 通信の主要技術に基づいて発展、拡張するものであり、Massive MIMO、vRAN、O-RAN 技術が核心技術候補である。

また、新たな候補として、公開されているホワイトペーパーを基に、6G 通信システムの構成要素、重要な要素技術の抽出整理を行った。調査文書に記載されている 6G で目指すべき技術要素として抽出、分類した結果を次表に示す。

この結果、26 個の核心技術候補を抽出した。これらは、今後技術開発が進展し、製品化されるものであるが、以下に、核心技術候補と 6G で期待される機能の組合せを示す。

- ◆テラヘルツ、◆仮想大規模 MIMO (mMIMO)、オール光ネットワーク
- ◆固定/モバイル連携 ◆Anything Reality (XR) : VR/AR
- ◆low-latency guarantees/ end-to-end view 超低遅延
- ◆ネットワーク内コンピューティング 超低遅延 超多数同時接続”
- ◆広域カバレッジ 超多数同時接続
- ◆小データ送信 (5G ライト) 超多数同時接続
- ◆センシング 超多数同時接続
- ◆省電力デバイス 超低消費電力
- ◆ゼロエネルギーデバイス 超低消費電力
- ◆新アンテナ 超低消費電力
- ◆UE Energy Efficiency (EE) 超低消費電力
- ◆ネットワーク Energy Efficiency (EE) 超低消費電力
- ◆データシェアとセキュリティ/プライバシー (ブロックチェーン) : 分散データセキユア管理
- ◆多様な接続性確保 : エンド-エンド NW の多元化
- ◆機密コンピューティング (量子暗号) ◆Cognitive networks
- ◆Intelligent operation network (ION) ◆Network adaptability
- ◆Digital twins (DT) ◆Space-terrestrial integrated network (STIN)
- ◆Edge computing ◆AI ◆スペクトル共有

表 6- 5 6G 通信の重要な要素技術候補

項目	要素技術候補	カテゴリー	ITU-T	IEEE	総務省 BSG 推進戦略	技術情報協会	総務省 ロードマップ	NTT DOCOMO	米国 NextG Alliance	欧州 Erickson	中国 vivo	中国研究連合 (原称)	韓国 Samsung	Univ. Oulu, フィ ンランド	3GPP	提案組 議数	
																Rel-17	
1	◆テラヘルツ	超広帯域・大容量		●	●	●	●	●	●			●	●	●	●	●	11
2	◆低遅延・大容量 MIMO (mmMIMO)	超広帯域・大容量 超多数同時接続					●	●		●					●	●	6
3	◆オール光ネットワーク	超広帯域・大容量			●							●					2
4	◆衛星/モバイル連携	超低遅延	●		●			●		●							4
5	◆Anything Reality (XR) : VR/AR	超低遅延	●		●	●	●				●	●		●		●	8
6	◆low-latency guarantees/ end-to-end view	超低遅延	●		●	●	●	●		●	●		●		●	●	10
7	◆ネットワーク内コンピュー ティング	超低遅延 超多数同時接続			●		●										2
8	◆広域カバレッジ	超多数同時接続					●	●		●	●				●	●	6
9	◆小データ送信 (5Gライト)	超多数同時接続									●				●	●	3
10	◆センシング	超多数同時接続	●		●	●	●		●	●					●	●	7
11	◆新電力デバイス	超低消費電力			●		●							●	●		4
12	◆ゼロエネルギーデバイス	超低消費電力					●			●							2
13	◆新アンテナ	超低消費電力					●					●	●	●			4
14	◆UE Energy Efficiency (EE)	超低消費電力									●				●	●	3
15	◆ネットワークEnergy Efficiency (EE)	超低消費電力		●	●			●	●						●	●	6
16	◆データシェアとセキュリティ/ プライバシー (ブロックチェー ン)、分散データセキュリティ管理	超安全・信頼性		●	●		●	●	●	●	●	●		●			9
17	◆多様な接続性確保: エンター テインメントの多文化	超安全・信頼性			●			●	●	●	●		●	●	●	●	9
18	◆機密コミュニケーション (機 体番号)	超安全・信頼性			●												1
19	◆Cognitive networks	自律性			●		●			●		●	●			●	6
20	◆Intelligent operation network (IDN)	自律性	●		●			●									3
21	◆Network adaptability	拡張性			●		●	●		●				●		●	5
22	◆Digital twins (DT)	拡張性	●	●	●					●	●						5
23	◆Space-terrestrial integrated network (STIN)	拡張性	●	●	●	●	●			●						●	6
24	◆Edge computing	拡張性	●	●	●	●	●	●						●			6
25	◆AI	拡張性		●		●	●		●	●	●	●	●	●			9
26	◆スペクトル共有	拡張性					●		●				●			●	4

(出典) 各機関、各企業等の 6G 通信 (B5G, P5G) ホワイトペーパー

2. 5G/6G 技術と標準化

5G/6G 通信技術は、3GPP 等の標準化会議で制定され、公開される。同時に、提案した企業は関連特許を取得している。

3G 時代には、標準必須特許を独占し、収益をあげた企業への批判があがった。近年では、その状況を踏まえ、RAND (Reasonable and Non Discriminatory) 条件で公開されている。5G/6G 技術の知的財産権は、昔に比べて条件は緩和されているとは言え、ベンダにとっては重要な課題である。

なお、ITU/3GPP 等のデジュール標準は、公的な機関で多くのメンバが議論し、標準として合意されるものであるが、デファクト標準は個別企業等の仕様が市場を支配した結果、その仕様が標準になったものであるため、後者のデファクト標準は、スピードが速く、普及されやすい傾向がある。一方で、特定企業等のビジネスが優勢となり、不公平な競争になる恐れもある。

5G/6G 通信の標準化においては、様々な技術、分野が関連してくるため、様々なデファクト標準の間での調整、特に、5G/6G が支える種々の境界領域での調整機能が必要になると考えられる。

3. 5G 市場/6G 市場の共通点と相違点、及び主要プレイヤーの戦略等

共通点としては、5G 市場の延長としての高速・大容量、低遅延、多数同時接続を実現するワイヤレス通信市場である。特に、6G 市場は 5G を前提に発展することから、5G での主要技術、主要プレイヤーが引き続き重要な位置を占める。

一方、相違点としては、1 項で記述したように、6G 市場では、ネットワーク運用のインテリジェンスを高める AI 技術、安全性や価値を高めるブロックチェーン技術、6G の性能を活かしたメタバースなどの実現に資する VR/AR/MR などの技術が含まれた市場となり、また多種多様な要素技術と応用サービスが拡大していくため、6G 市場では単なる通信市場だけでなく、情報を使ったサービス・システム、社会システム等も含めた市場とも密接に関係してくると思われる。

5G/6G 通信ではオープン化を推進しており、従来の欧州、中国等の主要プレイヤーから、日本企業も含めたプレイヤーが巻き返す余地が出てきている。

日本電気、富士通などは、優れた RU を武器としたオープン化戦略により、他社の DU, CU をセットにして基地局システム全体を供給する取り組みをとろうとしている。これに対して、従来の主要プレイヤーは、独占市場を守るため、オープン化の流れを阻止する動きをとると考えられる。我が国の機器ベンダのグローバルな事業拡大のためには、多方面からの支援が必要になると考えられる。

更に、オープン化が進み、機器のマルチベンダ化が進むと、それぞれの機器を組合せ、効果的に機能するノウハウが必要になる。これはシステムインテグレーションと呼ばれる技術力である。国内オペレータ各社、NEC や富士通等もシステムインテグレーションを技術戦略の一つとしており、外部からもその能力があると認識されている。

O-RAN、vRAN に対応したシステムインテグレーション能力と、高周波関連技術の強化を両輪として進めることが、5G インフラ機器産業再興のための一つのシナリオとしてヒアリング等を通して得られた。

また、6G 通信に向けては、AI 技術や VR/AR/MR 等の分野が加わり、また通信分野だけでなく、いろいろな応用分野を含めた市場との関係性が深まることから、プレイヤーも多くなると考えられる。

要素技術、市場が広範囲になることから、強みを持つ企業との連携が、新市場でのシェアの優劣を左右すると考えられる。

最後に、国内主要プレイヤーの技術戦略について、以下に示す。

(1) 日本電気

日本電気では、オープン化を中心にシステムインテグレーションに取り組んでいる。目指す姿としてのグローバル 5G 事業モデルを図 6- 2 に、製品戦略を図 6- 3 に示す。特に、オープン化では、自社の RU と他社製品である DU、CU を組み合わせたシステムインテグレーションを重要な技術戦略と捉えている。

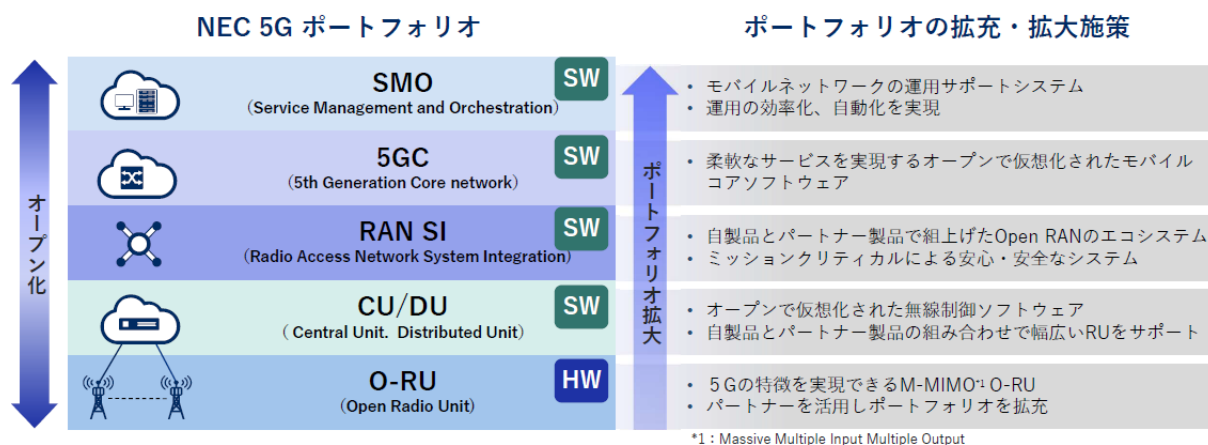
O-RAN ベースのシステムインテグレーション力と RU に関する技術力強化が課題と考えられる。

自製品とパートナー製品で組み上げたOpen RANのエコシステムを提供
グローバル 5 G事業においては、市場の選択と集中による事業化



図 6- 2 NEC の目指す姿：グローバル 5G 事業

- O-RUのハードウェアビジネスからソフトウェアビジネスを加えることで事業規模を拡大
- パートナーエコシステムを活用し顧客のニーズと合致したBest-of-breedのSLを提供



(出典) NEC「グローバル 5G 事業の販売戦略について」

図 6- 3 NEC の製品戦略

(2) NTT ドコモ

オペレータとして、価格、消費電力、保守・プラットフォームに加えて、新サービス提供等のためのソフトウェアが重要と考えている。RAN 分野では、RU、DU、CU が細分され、異なるプレイヤーが入ってくるのが望ましく、ソフトウェアの更新、ネットワークを更新していくためにもオープン化が重要と考えている。また、オープン化に伴い、システムインテグレータが重要になる。

NTT ドコモはオペレータであるが、技術開発を実施しており、保有する技術を内部に留めず、国内産業のために用いるようにすべきとの提言が有識者からあった。

(3) 楽天モバイル

新たに参入したオペレータとして、仮想化技術を武器に技術開発に取り組んでいる。仮想化への取り組みを示す。仮想化ベースのネットワークにより、設計・構築から運用までのライフサイクル全体の工数を削減し、複雑性の解消を実現している。

最近、仮想化技術をリードしている米国アルティオスター社を楽天グループとして取り込み、仮想化ソフトウェアベンダとしての側面も持つ。

(4) アンリツ

アンリツの 5G への取り組みとして、テストソリューションの展望を示す。測定器メーカーとしては、高周波無線部の性能が競争力のキーである。そのため、端末機器などの大量生産向けの Si デバイスでなく、化合物半導体を使っている。窒化物系半導体は日本が強いので、より強化する施策が必要と考えられる。

また、基地局事業では、レガシーソフトに対応した測定器が差異化のポイントになっている。GSM（第 2 世代携帯電話の標準規格）等の海外対応を含むレガシー技術を持っているのは日本ではアンリツのみであり、強みとなっている。

6G に向けて、ミリ波やテラヘルツは非常に使いにくいので研究開発が重要で、日本が国際競争力を持つ可能性がある。

[参考資料]

1. 過去の特許所掌の流れ

(1) 特許訴訟の流れ（2000 年代）

日本

公正取引委員会(以下「公取」という。)は、Qualcomm に対して、Qualcomm と携帯端末メーカーとで締結しているライセンス契約中の NAP(Non-assertion of patents provision)条項 について、排除措置命令を 2009 年 9 月 28 日に発出したが、約 10 年後の 2019 年 3 月 13 日に「排除措置命令を取り消す」旨の審決を行った。本件は、公取が、Qualcomm に対して、Qualcomm と携帯端末メーカーとで締結しているライセンス契約中の NAP 条項について、Qualcomm が以下の違反行為を行ったと 2009 年 9 月 30 日に認定したものである。

①CDMA 携帯電話端末及び CDMA 携帯電話基地局に用いられる半導体集積回路等の製造、販売等のために、国内端末等製造販売業者等の知的財産権について、Qualcomm に対して、その実施権等を無償で許諾すること

②CDMA 携帯電話端末及び CDMA 携帯電話基地局に用いられる半導体集積回路等の製造、販売、使用等について、当該知的財産権に基づいて、Qualcomm 等又は Qualcomm の顧客に対し、権利主張を行わないことを約すること

③CDMA 携帯電話端末及び CDMA 携帯電話基地局並びにこれらに用いられる半導体集積回路等の製造、販売等について、当該知的財産権に基づいて、Qualcomm のライセンサーに対し、権利主張を行わないことを約すること。

これに対して Qualcomm は審判請求を行い、2010 年 1 月に審判が開始された後、2017 年 9 月 5 日に弁論が終了し、2019 年 3 月 13 日に公取は審決を行った。

米国

米国連邦最高裁判所(以下「連邦最高裁」という。)は、eBay v. MercExchange 事件判決 において、差止請求が認められるための 4 要素テストを 2006 年 5 月 15 日に判示し、差止請求を行う原告は、次の 4 要件を主張立証しなければならないとした。当該 4 要件とは、①原告が回復不可能な損害(irreparable injury)を被ったこと、②かかる損害を回復するには、法律上の救済手段(remedies available at law)である金銭賠償等の救済手段では不十分であること、③原告と被告の利益状況のバランスに鑑み、差止請求を認容することにより衡平が実現されること、④差止請求を認容することが公序に反しないこと、である。更に連邦最高裁は、「差止請求を認容するか棄却するかの判断は、地方裁判所の衡平に関する裁量行為であり、裁量違反を理由として控訴審裁判所において再審理が可能である。」とした。

Broadcom v. Qualcomm 事件において連邦巡回控訴裁判所（以下「CAFC」という。）は、Qualcomm が標準策定に当たっての情報開示義務に違反したと認定した米国連邦地方裁判所(以下「連邦地裁」という。)判決をほぼ認容する判決を 2008 年 12 月 1 日に出した。ITU と ISO/IEC との合同 WG は、映像圧縮技術に関する標準規格として H.264 標準規格を 2003 年に策定した。Qualcomm は、2002 年から 2006 年まで上記合同 WG に

参加していたが、自社の SEP の存在を明らかにしなかった。H. 264 標準規格に係わる SEP を所有している Qualcomm は、Broadcom を連邦地裁に特許権侵害で 2005 年に提訴した。同裁判において Broadcom は、合同 WG に 2002 年から 2006 年まで参加していた Qualcomm は標準策定にあたって本件 SEP の存在を明らかにしておらず、これは ITU の IPR ポリシーに違反する、と反論した。同連邦地裁は、Qualcomm は標準策定に当たっての情報開示義務に違反しており、本件特許権の行使は出来ないと 2007 年に判決を下した。控訴審の CAFC は、①SEP の開示義務の有無に関する IPR ポリシーの解釈にあたっては、標準化団体がホールドアップを回避しようとしている目的に鑑みて、知的財産ポリシーが不明であっても参加者が明確に有していた期待を参酌して解釈するべきであること ②合同 WG の IPR ポリシーは不明確であったが、ロイヤルティフリーを目標とする同ポリシーとその参加者からの理解を鑑みると全参加企業に SEP の開示義務が存在し Qualcomm は同義務に違反した、と判断して Qualcomm は当該 SEP を権利行使できないとの判決を下した。但し、CAFC は連邦地裁による権利行使不可能という判決を破棄し、権利行使不可能な範囲を H. 264 標準規格に準拠した製品に限定すると共に連邦地裁に差し戻した。

更に、Broadcom が、Qualcomm を特許権侵害で連邦地裁へ 2005 年に提訴した裁判において、連邦地裁は、Qualcomm が標準策定に当たっての情報開示義務に違反していると認定し、2009 年 1 月 31 日まで Qualcomm が Broadcom にロイヤルティを支払うことを条件として実施を可能とする「サンセット条項」をつけながら、原告 (Broadcom) の差止・損害賠償請求を 2007 年に認容した。控訴審である CAFC は、連邦最高裁が eBay 判決で示した 4 要素テストにより判断し、差止めを認めた連邦地裁判決を支持した。その後、Broadcom と Qualcomm は、Qualcomm が Broadcom へ 8 億 9100 万ドルを支払うことで、世界規模で係争中の特許訴訟について 2009 年に和解した。

Rambus は、Infineon を特許侵害で 2000 年に米国連邦地裁へ提訴した。連邦地裁で Rambus が敗訴し、控訴審の CAFC では連邦地裁への差し戻しの判決が出たが、連邦地裁の差し戻し審でも Rambus 敗訴の判決となった。連邦地裁の決定は、Rambus が継続中の訴訟に関わる重要な文書を破棄したとの Infineon の主張を連邦地裁判事が認めたものであり、今回の決定で、Infineon 側の反訴に含まれていた独占禁止法違反の主張は、争訴性を失ったとして棄却された。その後、両社は 2005 年に和解し、Rambus が、Infineon に特許ライセンス供与し、Infineon は四半期ごとにライセンス料として 585 万ドルを支払い、両社間で争っていた訴訟はすべて取り下げることで決着した。

欧州

ノキア、エリクソン、NEC、パナソニックモバイルコミュニケーションズ、Texas Instruments、Broadcom の 6 社が、欧州委員会に対して Qualcomm が欧州共同体設立条約 第 82 条に違反したとして申立を行った。6 社は、「FRAND に基づかない契約条件の悪影響で、携帯電話機の価格が上昇し、3G 標準の開発が遅れた」と主張した。欧州委員会は、携帯電話分野の独占的地位を乱用して欧州共同体設立条約 82 条に違反した疑いで、Qualcomm に対する正式な調査を 2007 年 10 月 1 日に開始したが、上記 6 社の Qualcomm への訴えが取り下げられたことを受け、同社に対する独占禁止法違反の調査を 2009 年 11 月に打切った。

中国

中国では、SEP に関する主要な裁判事例はなかった。

韓国

韓国公正取引委員会(以下「KFTC」という。)は、Qualcomm と韓国の携帯端末メーカー(Samsung、LG 等)との CDMA 技術および WCDMA 技術に関するライセンス契約におけるロイヤルティ及びリベートでの差別的条件が優越的地位の濫用・不公正な取引行為にあたり、かつ特許権失効後のロイヤルティの維持も不公正な取引行為にあたるとして、Qualcomm に 2731 億 9700 万ウォン(約 250 億円)の課徴金を 2009 年 7 月 23 日に決定した。

KFTC が問題とした Qualcomm の行為は、次の 4 つである。

①Qualcomm は端末ライセンス契約中で、LG と Samsung が Qualcomm の部品を使用すると、ライバルの部品を使用する場合よりロイヤルティを様々な方法で割引いたこと(差別的なロイヤルティ条件)。

②Qualcomm は、部品供給契約を通じて、LG と Samsung が CDMA2000 方式のモデムチップの総需要量の一定割合または一定数量以上を Qualcomm から購入することを条件に、LG と Samsung にリベートを提供したこと(モデムチップに対する条件付きリベートの提供)。

③モデムチップと同様、LG、Samsung、Pantech について Qualcomm の RF チップの購入数または割合に応じてリベートを提供したこと(RF チップに対する条件付きリベートの提供)。

④特許権が消滅した以降も端末ライセンス契約で定められたロイヤルティを継続して支払わせること(特許権消滅後のロイヤルティの支払い)。

Qualcomm は、処分の取消を求めてソウル高等法院に提訴したが、高等法院は、課徴金も含め大部分において KFTC 決定を維持する判決を 2013 年 6 月 19 日に出した。

この高等法院の判決に対して、Qualcomm と KFTC 双方が大法院(最高裁)へ上告した。大法院は、モデムチップに対するリベートの供与行為に当たっては高等法院の判断を支持したが、RF チップに対するリベートについては原審の判断に一部誤りがあったと 2019 年 1 月 31 日に判示した。

この大法院の判決を受けて、KFTC は 2019 年 3 月 25 日に原議決での是正命令の一部取り消し・修正を行い、課徴金を再算定して Qualcomm に 2245 億 3900 万ウォン(約 200 億円)の課徴金を課すことを決定した。

(2) 特許訴訟の流れ(2010 年代前半)

2010 年代前半は、これまで SEP 紛争の主要プレイヤーは IT 業界の会社であったが、Apple や Microsoft がスマートフォン(以下「スマホ」という。)の販売や、パソコン及びゲーム機への通信機能(Wi-Fi 等)の搭載により新興勢力として新たにプレイヤーとして加わることになり、SEP の紛争も様相が変わってきた。Apple や Microsoft は、SEP は公共財産であり、そのロイヤルティ料率はこれまでの Siemens の 0.8%から Qualcomm の 3.3%という料率は到底受け入れることはできず、かなり低くすべきであ

ると主張した。こられの主張に、各国の裁判所も理解を示し、Motorola v. Microsoft 事件判決(米国)では 0.012%、Apple v. Samsung 事件判決(日本)では 0.026%と、従来より 2 桁程度低い値を判示した。更に、ライセンス交渉における SEP 保有者と実施者の守るべき行動規範的なものが裁判所から提示され、その具体的な内容について裁判所の判断が提示された時期でもあった。

日本

Apple v. Samsung 事件において、日本の知的財産高等裁判所(以下「知財高裁」という。)は、Samsung の差止請求を認めず、「ライセンス料相場の範囲内なら権利濫用にはあたらないので損害賠償が認められる」とする判決を 2014 年 5 月 16 日に出した。本件は、ETSI が策定した第 3 世代移動通信システム UMTS 規格の SEP 保有者である Samsung が、Apple にライセンス料を要求したのに対して、2011 年に Apple が Samsung の SEP に関する債務不存在確認請求訴訟を東京地方裁判所(以下「東京地裁」という。)に提起し、更に Samsung が Apple 製品の差止を求めて東京地裁に提訴したものである。Samsung は、ETSI に対して自社の SEP について FRAND 条件でライセンスすることを 2007 年 8 月 7 日に宣言していた。

東京地裁は、Samsung の SEP に基づく差止請求権及び損害賠償請求は権利濫用で認められないとの判決を 2013 年 2 月 28 日に出した。それに対し、両社が知財高裁に控訴した。

知財高裁は、大合議において審議し、「特許法の目的である『産業の発達』(同法 1 条)を阻害する」として差止請求を認めず、「FRAND 条件でのライセンス料相当額を超える部分は権利濫用だが、ライセンス料相当額の範囲内なら権利濫用にはあたらないので損害賠償が認められる」として、995 万円 5854 円(推定料率 0.0023%)の損害賠償を認容した。

米国

Motorola v. Microsoft 事件では、米国ワシントン州西部地区連邦地方裁判所(以下「ワシントン連邦地裁」という。)判決において、裁判所が SEP のライセンス料率について初めて判断し、Motorola が保有する SEP について、Motorola が 2.25%を要求したのに対し、裁判所は 0.001%~0.009%(推定)と 2~3 桁低いライセンス料率を 2013 年 4 月 25 日に決定した。本件は、Motorola が Microsoft に対して IEEE802.11 無線 LAN 規格に関する SEP について、Motorola 製品販売価格の 2.25%でライセンスする旨の書簡を 2010 年 10 月に送付したのが始まりである。更に、Motorola は Microsoft に対して H.264 動画圧縮標準規格に関する SEP について、Motorola 製品販売価格の 2.25%でライセンスするとの書簡を同年に送付した。それに対し、Microsoft は Motorola の IEEE および ITU との契約不履行確認および FRAND ライセンス料の裁判所による決定を求めてワシントン連邦地裁へ Motorola を同年に提訴した。更に、Motorola は IEEE802.11 無線 LAN 規格および H.264 動画圧縮規格の SEP 侵害でワシントン連邦地裁へ Microsoft を提訴した。ワシントン連邦地裁は、具体的なライセンス料率として、IEEE802.11 必須特許群は 3.471 セント/台(推定料率 0.009%) (0.8~19.5 セント/台)、H.264 必須特許群は 0.555 セント/台(推定料率 0.001%) (0.555~

16.389 セント/台) と判示した。Motorola は、ワシントン連邦地裁判決を不服として第 9 巡回区控訴裁判所(以下「第 9 巡回控訴裁」という。)に控訴した。第 9 巡回控訴裁は、ワシントン連邦地裁の判断を概ね認容した。ワシントン連邦地裁による RAND 実施料率の判断における法的分析を支持し、RAND の事件では Georgia-Pacific 事件のファクターを柔軟に取り入れることが必要であると判断した。更に、陪審員が評決の根拠とした実質的な証拠があったことから、契約破棄とした陪審評決に反対するモトローラの主張も退けた。第 9 巡回控訴裁は、この原則は契約違反の行為に対する責任から当事者を保護するものではなく、よって、ここでの RAND 合意は特許権者を使用差し止め請求から除外するためのものであるから、Noerr-Pennington 原則はモトローラの責任を免除するものではないと述べた。

Innovatio IP Ventures LLC v. Cisco Systems Inc. et al. 事件において、米国イリノイ州北部地区連邦地方裁判所(以下「イリノイ州北部地裁」という。)は、上記の Microsoft v. Motorola 事件連邦地裁判決の考え方や手順を踏襲して、2013 年 9 月 27 日にロイヤルティを算出した。本件は、IEEE802.11 標準規格に係わる SEP を保有している Innovatio IP Ventures LLP(以下「Innovatio」という。)が、Wi-Fi 関連装置を製造しているメーカ 5 社 (Cisco Systems、Motorola Solutions、SonicWALL、Netgear、Hewlett-Packard) を特許権侵害で提訴したものである。イリノイ州北部地裁は、Wi-Fi 必須特許全体(3,000 件)の件数と、上位 10% (300 件)に入る件数、Innovatio の必須特許の重要度や価値を評価し、トップダウン方式でロイヤルティを算出している。また、ライセンス料を計算する場合に製品全体をライセンス料算定の基礎とする EMV を採用せず、Innovatio の特許技術が実施されている販売可能最少単位である Wi-Fi チップに限定するとして SSPPU (Smallest Salable Patent Practicing Unit、最小販売可能特許実施単位)を採用した。

エリクソン対 D-Link 事件において CAFC は、「侵害された特許権が侵害製品の一部を構成するに過ぎない場合であったとしても、ロイヤルティの算定に際して、EMV を勘案すること自体は可能である(従って、専門家証人が EMV を勘案していたとしても、当該専門家証人の証拠能力が直ちに失われるわけではない)。但し、EMV が侵害された特許権に起因しない場合には、ロイヤルティの算定に係る現実的な基準を採用しなければならず、それは、通常、SSPPU に基づく(陪審員に対しても、その旨を陪審説示することになる。)」と 2014 年 12 月 4 日に判示した。

CSIRO 対 Cisco 事件において、CAFC は、「合理的なロイヤルティの算定には、複数の方法があり、合理的なロイヤルティの算定方法は、事案における事実関係に適合させる必要がある。確かに、EMV を合理的なロイヤルティの算定基礎とすることには、①最終製品のうち特許を侵害していない部分の価値に基づいて、不適切な賠償が行われるおそれがあること ②最終製品の価値を不適切に強調することにより、陪審員の判断を歪めるおそれがある、という問題点がある。しかし、適切な配分が示されているのであれば、EMV に基づいて合理的なロイヤルティを算定することもできるし、過去の同等なライセンスを参照することもできるのであって、合理的なロイヤルティは SSPPU に基づいて算定しなければならないものではない。」と 2015 年 12 月 3 日に判示した。

欧州

Samsung v. Apple 事件 において、オランダのハーグ地方裁判所は FRAND 義務に違反するとして Samsung の差止請求を 2012 年 3 月 14 日に棄却した。本件は、Samsung が保有する UMTS 規格 の SEP 4 件により Apple の iPhone および iPad の販売仮差止めを請求したものである。同地裁は、FRAND 宣言は、Samsung による FRAND 条件での契約の申し入れであり、Apple が受諾すれば契約は成立するとし、Samsung が提示した 2.4% というライセンス料率は FRAND 条件を提案するという義務に違反するとして、Samsung の差止請求を棄却した。

欧州委員会は、Samsung が Apple に対して差止請求を行ったことは、反競争的行為を禁じる「欧州連合の機能に関する条約 (TFEU: The Treaty on the Functioning of the European Union、以下「TFEU」という。)」第 102 条 に該当するとの異議告知書を 2012 年 12 月に Samsung へ通知した。Samsung は、ETSI の第 3 世代移動体通信システム (3G/UMTS) 標準に関する SEP 保有者であり、ETSI に FRAND 条項に基づきライセンスする旨の FRAND 宣言書を提出している。Samsung は、同社の 3G/UMTS 標準の SEP を Apple が侵害していると主張して、差止請求を 2011 年に行った。欧州委員会は、Samsung の当該行為が支配的地位の濫用に該当するか否かについて正式な調査を 2012 年 1 月に開始し、同委員会は、被疑侵害者が将来のライセンシーとして、FRAND 条項によるライセンスを受けるべく交渉する意思がある場合には、SEP 保有者の侵害差止め請求は濫用と解されるとして、Samsung が TFEU102 条が禁止している支配的な地位の濫用に該当すると判断した。その後、Samsung は、欧州委員会に Apple へのライセンス確約を含む確約書を提出し、同委員会は同確約を 2014 年 4 月 29 日に承認して決着した。

Motorola は、第 2 世代移動通信方式である GSM 方式に関する SEP 保有者であり、ETSI に FRAND 条件に基づき他社にライセンスする旨の FRAND 宣言書を提出していた。Motorola は、GSM 方式の一部である「GPRS 標準」に関する SEP を侵害したとして Apple をドイツの裁判所に提訴した。欧州委員会は、Motorola に対して、同社が Apple に対して SEP に基づき侵害差止めを求めていたことについて、TFEU102 条の禁ずる市場の支配的な地位の濫用に当たるとの異議告知書を 2013 年 5 月 6 日に送付した。その理由は、上記の Samsung への異議告知書と同じである。その後、欧州委員会が、Motorola に対して制裁金なしの禁止決定を 2014 年 4 月 29 日に出して決着した。

中国

ファーウェイ v. InterDigital (IDC) 事件において、控訴審の広東省高級人民法院 (以下「広東高裁」という。) は、1 審の深圳市中级人民法院 (以下「深圳地裁」という。) の判断を認容する判決を 2013 年 10 月 16 日に出した。本件は、ファーウェイが SEP に関して高額なライセンス料を InterDigital (以下「IDC」という。) がファーウェイに要求したのは独禁法違反であるとして、ファーウェイが深圳地裁に提訴したものである。深圳地裁が、「FRAND 義務に従い 0.019% のライセンス料率で IDC はファーウェイにライセンスしなければならない」と 2011 年に判示したので、IDC は、深圳地裁判決を不服として広東高裁へ控訴した。広東高裁は、「FRAND 義務の核心は、合理、非差別なライセンス料又はライセンス料率の確定にある。SEP 権者が実施者に提示した条件は、FRAND 条件に合致しておらず、また、両者の交渉途中に、SEP 権者が米国の裁判所

において実施者を被告として特許権侵害の差止めを求める訴訟を提起した行為は、FRAND 要求に合致しておらず、両者の継続交渉を困難にさせ、ライセンス料率に関する合意に達せなくさせてしまった。」として、深圳地裁の判断を認容した。更に、準拠法について、「両者が争っている対象は SEP 権者の中国における特許であり、実施者の所在地、関連特許の実施地、協議を行った地域はともに中国であり、中国との関係が最も強いこと等を理由に、標準規格必須特許のライセンス問題を原因として引き起こされた紛争につき中国法を適用すべきとした原審裁判所の判断は妥当である。」と判示した。

韓国

Samsung v. Apple 事件において、1 審のソウル中央地方法院(以下「ソウル地裁」という。)は、SEP 保有者の差止請求が認められ、関連商品の販売禁止及び廃棄処分並びに損害賠償を命ずる判決 を 2012 年 8 月 24 日に出した。

本件は、両社が双方に対して差止請求と損害賠償請求を行っている。Apple は、特許権侵害と意匠権侵害で Samsung 製品の差止請求と損害賠償請求を求めて提訴した。Apple の対象特許権は、ユーザーインタフェース関連の特許として、バウンスバック(Bounce Back)関連特許(KR950120)と、スライド式ロック解除(Slide to Unlock)関連特許(KR993459)と、アイコン再構成(Icon Reconfiguration)関連特許(KR950123)と、ヒューリスティクス(Heuristics)関連特許(KR950831)の 4 件である。Apple の意匠権は、スマートフォンの形状関連デザイン、アイコン配列関連デザイン、電話アイコン関連デザイン及びページ捲り関連デザインである。訴訟対象となった Samsung の製品は、Galaxy S2;S Hoppin、S、K、U、ACE、Gio、Neo、A ; Nexus S ; Galaxy Tab、Galaxy Tab 10.1 である。裁判所は、バウンスバック(Bounce Back)関連特許の一部請求項に基づく特許権だけに対して、Apple の請求を認める判決を出した。意匠権に関しては、Apple の全ての請求を棄却した。

Samsung は、自社の 3GPP 通信関連の SEP4 件(KR922975、 KR913900、 KR330234、KR933144)と、及びデータサービス提供方法関連の非 SEP1 件(KR273973)を、Apple 製品である iPhone 4; iPhone3GS;iPad1;iPad2 が侵害しているとして提訴した。裁判所は、SEP 4 件中の 2 件については、Apple 製品の侵害を認め、Apple 製品の販売差止を命じたが、非 SEP については、侵害を認めなかった。

両社ともに控訴したが控訴審の審理中、両者の和解が成立し訴訟が取り下げられた。

(3) 特許訴訟の流れ (2010 年代後半)

主要な標準化機関が IPR ポリシー等を改訂した。ITU は、ISO と IEC の意見も反映の上、ITU-T/ITU-R/ISO/IEC 共通特許ポリシーに基づく FRAND 宣言に伴う義務は、全ての譲受人を拘束するものであること等を盛り込む形で、特許ポリシーガイドラインを 2015 年に改訂した。IEEE は、①合理的実施料率の算定において、発明的特徴が特許発明を実施する最小販売規格適合製品に貢献する価値を考慮すること (SSPPU (最小販売可能特許実施単位) の採用を示唆)、同じ標準規格の全 SEP が貢献する価値を勘案した上で SEP の価値を考慮すること (トップダウン型アプローチの採用を示唆) ②差止請求は原則的には認めないこと (実施者が裁判所の判決や裁定に従わない場合を除く) ③FRAND 宣言の義務は必須特許の全ての譲受人、移転先を拘束すること ④FRAND

宣言者は互惠主義を選択できること等、盛り込んだパテントポリシーを 2015 年に改訂した。しかしながら、改訂後も当該改訂に反対する企業等が、米国内の標準化機関を管理する米国国家規格協会（ANSI: American National Standards Institute、以下「ANSI」という。）に対して異議申し立てを行った。また、当該改訂に反対する企業の中には、2015 年改訂に従う意思がなく、改訂前のパテントポリシーに従って FRAND 宣言を行う意思を表明する企業や、承認済みの標準規格について、特許をライセンスしないとして宣言書を出し直す企業も出た。その一方で、2015 年の改訂前に提出した宣言書について、改訂パテントポリシーの写しを添付して宣言書を再提出（再提出は義務ではない）するなど、改訂への賛成表明とも理解できる行動を起こす企業も出た。こうした事態を踏まえ、IEEE は、2015 年の改訂パテントポリシー発効日以前に標準化作業が始まった標準規格については、2015 年改訂前のパテントポリシーに従うことを認めた。

□ 欧州では、ドイツを中心に SEP 関連裁判が増加傾向となった。ドイツでは、外国訴訟差止命令（ASI: Anti-Suit Injunction、以下「ASI」という。）請求に対する差止命令（AASI: Anti-Anti-Suit Injunction、以下「AASI」という。）を同国で初めて発出した。

□ CJEU がファーウェイ対 ZTE 事件の予備的判決（以下「CJEU 予備的判決」という。）において、SEP に基づく差止請求訴訟が競争法違反に該当しない場合の判断基準として、当事者間の誠実な SEP ライセンス交渉の枠組みを提示し、世界的に注目を集めた。CJEU 予備的判決は、EU 各国の裁判所の判断も拘束するため、これ以降、欧州の SEP 差止請求訴訟では、当該枠組みを参照しながら、誠実交渉義務に関する検討が行われることとなった。

□ IoT 化の進展を背景として、エレクトロニクス業界の枠を超えた異業種間ライセンス（主に、情報通信業界と自動車業界）に関する訴訟が始まった。

□ 競争法違反により、中国・韓国の競争当局が Qualcomm に対して制裁金を賦課した。

日本

Imation v. One-Blue 事件において東京地方裁判所（以下「東京地裁」という。）は、Imation の差止請求をほぼ認容し、損害賠償請求は棄却した判決を 2015 年 2 月 18 日に出した。本件は、ブルーレイディスク（以下「BD」という。）に関する SEP のパテントプール管理会社である One-Blue LLC（以下「One-Blue」という。）が、BD を製造・販売している Imation と SEP に関してライセンス交渉を実施し、当該交渉の中で One-Blue は、事前に公開しかつ既に 72 社とライセンス契約を締結しているライセンス条件を Imation に提示した。それに対し Imation は、One-Blue が提示したライセンス条件は FRAND 条件を満足していないとしてより低額のライセンス条件を提案したが、One-Blue は Imation の提案を拒否して交渉が決裂した。One-Blue に管理運営を委託している SEP 保有者は 15 社であり、全ての SEP 保有者が標準規格を策定している Blu-ray Disc Association（以下「BDA」という。）に FRAND 宣言書を提出している。

Imation との交渉決裂後、One-Blue は SEP 保有者からの委託に基づき、Imation の取引先であるエディオン、ヤマダ電機、上新電機の小売り店 3 社に対し、通知書を 2013 年 6 月 4 日付で送付した。通知書の内容は、One-Blue の管理する特許権に係るラ

イセンスを受けていない BD の販売は特許権侵害を構成し特許権者は差止請求権を有する、旨記載されていた。これに対して Imation は、通知書の差止めと損害賠償を求めて One-Blue を東京地裁へ 2013 年 6 月 27 日に提訴した。東京地裁は、差止請求をほぼ認容したが、損害賠償権請求は却下した。判決の根拠はいずれも不正競争防止法であり、独禁法には触れていない。

本判決は、Apple v. Samsung 知財高裁判決・決定で構築された FRAND 宣言付き SEP を巡る判断枠組みを本件事案に当てはめているが、個々の権利者とパテントプール管理会社を同一に扱っていること、既に 72 社（内 15 社は SEP 保有者であるが残り 57 社は SEP 保有者でない実施者）がライセンス契約を締結して BD を製造販売していること、パテントプール管理会社はライセンス条件を同じにすることが独占禁止法から要請されていること等の事情があり、One-Blue を誠実でないライセンサー (Unwilling Licensor) と認定したのには課題があると思われる。

米国

Apple v. Motorola 事件において、CAFC は、FRAND 条件におけるライセンス料率の算定方法及び FRAND 宣言した特許に基づく差止請求の可否について 2014 年 4 月 25 日に判示した。本件は、Motorola が、Apple を 18 件の特許権侵害で米国のイリノイ州北部地区連邦地方裁判所とフロリダ州南部地区連邦地方裁判所へ 2010 年に提訴したのが始まりである。その後、Motorola が、Apple の iPad、iPhone、iPod touch ならびに一部の mac コンピュータ、および MobileMe や App Store を含む関連サービスに、Motorola が開発した技術を組み込んだと主張して、米国国際貿易委員会 (ITC) に Apple の調査を要請した。Motorola が特許権侵害を指摘している技術は、「W-CDMA (3G)、GPRS、IEEE802.11 およびアンテナ設計などの無線通信技術に加え、無線電子メール、近接センサ関連技術、ソフトウェアアプリケーション管理、位置情報ベースのサービス、マルチデバイス同期を含む主要なスマートフォン関連技術」に関するものである。同裁判所は、「FRAND 宣言を行っているという理由だけで、差止請求権の行使が否定されるものではなく、2006 年の eBay v. MercExchange 事件最高裁判決の枠組みにより判断すべきである。侵害者が FRAND ロイヤルティの支払いを一方的に拒絶したり、侵害者がライセンス交渉を不合理に遅延させて、FRAND ロイヤルティの支払いを拒絶するのと同等の効果を生じさせた場合には、差止請求権を行使することは認められ得る。もっとも、FRAND 宣言を行った場合には、差止請求の要件である「回復困難な損害

(irreparable harm)」を充足することが困難になるという点で、差止請求を行うことが難しくなる、ということはある。FRAND 宣言を行った上で、既に第三者に対してライセンスを行っている場合には、特許権侵害によって回復困難な損害が生じるとは考え難く、むしろ、損害は金銭賠償によって回復できると考えられる。」とした。2014 年に両社は、全ての特許訴訟を取り下げることで合意して和解した。

エリクソン v. D-Link 事件において、CAFC は「FRAND 条件におけるライセンス料率の算定方法」を 2014 年 12 月 4 日に判示した。CAFC は、侵害された特許権が侵害製品の一部を構成するに過ぎない場合であったとしても、ロイヤルティの算定に際して、EMV を勘案すること自体は可能である。但し、EMV が侵害された特許権に起因しない場合には、ロイヤルティの算定に係る現実的な基準を採用しなければならず、それは、通

常 SSPPU に基づくことになる。最終製品の価値が当該特許された機能によるものであるということが適切かつ適法である場合、特許権者の損害額は当該全体価値に基づいて算定できるが、そうでない場合、陪審の損害額認定にあたり、裁判所はより現実的な出発点を提示しなければならない。多くの場合、当該出発点は最少販売ユニットであり、時にそれよりも小さな部分もありうる。ロイヤルティの算定に際しては、侵害製品について、侵害対象となっている特許権に基づく特徴と、標準規格に含まれるそれ以外の特徴とを区別する必要があるが、標準規格全体を勘案してはならない。侵害対象となっている特許権についても、当該特許権それ自体の価値のみを勘案しなければならない。当該特許権が標準規格必須特許として標準規格に組み込まれたことによって生じた価値を勘案してはならない。Patent Hold-up 及び Royalty Stacking については、これらに関する現実の証拠が示されない限り、ロイヤルティの算定に当たって勘案する必要はない。」と判示した。

Microsoft v. Motorola 事件において、第 9 巡回区控訴裁判所は「FRAND 宣言後の誠実公正義務」について 2015 年 7 月 30 日に判示した。同裁判所は、「Motorola が提示したロイヤルティが高額だったこと、Motorola が製品販売差止請求訴訟を提起した時期、FTC が Motorola に対して調査を行っていたこと等の事情に照らせば、Motorola が製品販売差止請求訴訟を提起したことは、Motorola が Microsoft に対して負っている誠実公平義務に違反したとした陪審員の判断に誤りはない。」とした。

CSIRO v. Cisco 事件において CAFC は、「FRAND 条件におけるライセンス料率の算定方法」に関して 2015 年 12 月 3 日に判示した。CAFC は、「合理的なロイヤルティの算定には、複数の方法があり、合理的なロイヤルティの算定方法は、事案における事実関係に適合させる必要がある。確かに、EMV を合理的なロイヤルティの算定基礎とすることには、(i) 最終製品のうち特許を侵害していない部分の価値に基づいて、不適切な賠償が行われるおそれがある、及び、(ii) 最終製品の価値を不適切に強調することにより、陪審員の判断を歪めるおそれがある、という問題点がある。しかし、適切な配分が示されているのであれば、EMV に基づいて合理的なロイヤルティを算定することもできるし、過去の同等なライセンスを参照することもできるのであって、合理的なロイヤルティは SSPPU に基づいて算定しなければならないものではない。複数の部品から構成される製品との関係で、合理的なロイヤルティを算定するに際しては、配分を行うことが必要である。合理的なロイヤルティの算定方法には複数のものがあり得る。」とした。

TCL Communication v. エリクソン事件において、米国カリフォルニア中部地区連邦地方裁判所(以下「カリフォルニア地裁」という。)は、「FRAND 条件におけるライセンス料率の算定方法」について 2017 年 12 月 21 日に判示した。本件は、中国で携帯電話やスマートフォンなどの無線通信機器を製造し全世界市場で販売している TCL Communication グループ(以下「TCL」という。)とエリクソンとは、エリクソンが保有している第 2 世代移動通信規格(2G)関連特許に関してライセンス契約を 2007 年 3 月に締結し、その後 TCL は、2011 年に第 3 世代移動通信規格(3G)関連の特許ライセンスを申し入れ、2013 年に第 4 世代移動通信規格(4G)関連の特許ライセンスをエリクソンに申し入れたが、交渉が難航し TCL とエリクソンの双方が相手方を提訴したものである。同裁判所は、「エリクソンは、ライセンス交渉において誠実に行動している。ロイヤルティ・スタッキングを防ぐことが可能なトップダウンアプローチを採用してライセンス

料を算出し、さらに同じ状況である企業の比較可能なライセンス（6 社：Apple、HTC、Samsung、LGE、ZTE、ファーウェイ）を用いてロイヤルティレートを裁判所が決定する。」と 2017 年 12 月 21 日に判示した。更に、「特許権侵害を認定した陪審評決に基づき、損害賠償 7,500 万ドルと特許法 284 条に基づく追加賠償金 2,500 万ドル支払い」を 2018 年 5 月 10 日にエリクソンに命令した。これに対してエリクソンが CAFC に控訴した。

控訴審である CAFC は、カリフォルニア地裁が陪審審理を行わずに決定したロイヤルティ料率は不当であるとのエリクソンの主張を認め、エリクソンがリリース支払について陪審審理を受ける権利を有すると判断して地裁の決定を破棄し、カリフォルニア地裁に差し戻した。

HTC v. エリクソン事件において、テキサス州東部地区連邦地方裁判所は、「FRAND 義務の履行方法及び FRAND 条件におけるライセンス料率の算定方法」について 2019 年 5 月 23 日に判示した。同連邦地裁は、「FRAND 義務を履行するためには、(i) FRAND ライセンスを提案するか、又は、(ii) FRAND ライセンスに向けて誠実に交渉する必要がある。本件では、陪審評決において、エリクソンは FRAND ライセンスに向けて誠実に交渉していないと認定されたが、そのことによって直ちに FRAND 義務違反となるものではなく、別途、FRAND ライセンスを提案したか否かが問題となる。エリクソンが提示した「4G デバイス 1 台あたり 2.5 ドル、又は、4G デバイスの販売価格の 1% のレート」という条件は合理的かつ非差別的であり、FRAND 条件を満足している。」と判断した。

欧州

CJEU は、支配的地位を有する SEP 保有者の差止請求権に関する判断基準である予備的判決を 2015 年 7 月 16 日に判示した。本件は、ドイツのデュイッセルドルフ地方裁判所が審理中のファーウェイ v. ZTE 事件に関して、ドイツ最高裁判所が出したオレンジブックスタンダード事件判決（2009 年 5 月 6 日）と、欧州委員会が Samsung へ出した異議告知書（2012 年）との相違をなくす統一的判断基準を求めて、CJEU に 2013 年 4 月 5 日に質問付託されたものである。

オレンジブックスタンダード事件判決では、市場支配的地位を有する特許権者による差止めの訴えは、一定の状況下においてのみ市場支配的地位の濫用に該当し競争法違反を構成すると判断した。即ち、①実施者は特許権者に対して、侵害行為の停止に留まらず、無条件かつ拘束的なライセンス契約の申込を行う必要がある、②実施者は、特許権者のライセンス条件受諾前に行っていた特許利用の対価を、その後締結されるライセンス契約を見越して（すなわち契約締結前に）特許権者に支払う義務を負う、とした。ファーウェイ v. ZTE 事件における実施者である ZTE は、上記 2 つの条件とも満たしていない。

欧州委員会が Samsung へ出した異議告知書において、標準化機関認定の SEP に基づき FRAND 条件でのライセンス供与を誓約した特許権者が、FRAND 条件でのライセンス契約締結の意思を有する被疑侵害者に対して行う差止めの訴えは、EU 機能条約 102 条に違反する可能性がある、と欧州委員会は 2012 年 12 月 21 日に判示した。

CJEU が出した予備的判決の内容は、次の通りである。

1. 標準化機関が策定した規格に必須の特許を所有する特許権者が、標準化機関に対して FRAND 条件による SEP のライセンスを第三者に許諾する旨の取り消し不能な確約を行っている場合であって、その権利者が当該必須特許の侵害の差止め又は当該 SEP を使用して製造された製品の市場からの回収を求める訴訟を提起しても、以下の条件を満たす限りにおいては、TFEU102 条下で支配的地位を濫用すると解釈してはならない。

一SEP 権者が訴訟提起に先立ち、まず被疑侵害者に対して、侵害されている SEP を指定し、その侵害の態様を特定することによって侵害警告を行い、次に、被疑侵害者が FRAND 条件でライセンス契約を締結する意思がある旨を表明した後に、SEP 権者がロイヤルティやその算出法を特定した書面による具体的な申し出を被疑侵害者に提示した場合であって、かつ

一被疑侵害者が当該 SEP の使用を継続し、SEP 権者の申し出に対して、真摯に、当該分野で広く認められた商慣行に従い、誠実に応答する(この点は、客観的要素に基づいて立証されなければならない、とりわけ遅延戦術の意味合いを含まないものでなければならない)のを怠っていた場合。

2. TFEU102 条は、支配的地位にある事業体が、FRAND 条件でのライセンス許諾を標準化機関に約束した SEP を所有しながら、その SEP の被疑侵害者に対して侵害訴訟を提起し、過去の使用料支払いと損害賠償を求めることを禁止していないと解釈しなければならない。

Unwired Planet v. ファーウェイ事件において、英国高等法院（以下「高等法院」という。）は、CJEU 予備的判決の枠組みで検討し、実施者(ファーウェイ)のライセンス交渉における態度が FRAND 条件を満足しない、即ち誠実な実施者ではない、と判断して Unwired Planet の差止請求権を認容する判決を 2017 年 4 月 5 日に出した。Unwired Planet は、米国の特許主張主体 (Patent Assertion Entity、以下「PAE」という。) であり、エリクソンから 2,158 件の特許を 2013 年に譲り受けた。この特許の中には、欧州の標準化機関である ETSI の 2G/3G/4G 通信規格に係わる SEP も含まれていた。Unwired Planet は、2014 年に 5 件の SEP を含む 6 件の特許を侵害したとして英国とドイツにおいてファーウェイ、Samsung、Google を提訴し、Samsung と Google とはその後 Unwired Planet と和解した。高等法院では、Unwired Planet の SEP のうち 2 件が有効でありファーウェイが侵害していると認定され、Unwired Planet が提案したワールドワイドなライセンスをファーウェイが受け入れない限り Unwired Planet の差止請求を認めるとした。ファーウェイは英国のみのライセンスを望んでいたが、高等法院は FRAND ライセンスと言えるのは世界的なライセンス (グローバルライセンス) であると判断した。高等法院は、ロイヤルティ算定方法として、トップダウンとボトムアップの両方を採用した。具体的にはトップダウンは、標準規格の各 SEP 保有者のロイヤルティ料率の総和である総ロイヤルティ料率に、Unwired Planet の件数比率を乗じて Unwired Planet のロイヤルティ料率を算定している。ボトムアップは、Unwired Planet の SEP はエリクソンから譲渡されたものであったため、エリクソンが過去に他社へライセンスしたライセンス契約のロイヤルティ料率に、エリクソンの SEP に対する Unwired Planet の比率を乗じて Unwired Planet のロイヤルティ料率を算定している。

控訴審である英国控訴院(以下「控訴院」という。)は、FRAND ライセンシング条件は一つのセットに定まるとした第一審の高等法院判決とは異なり、ライセンシングは複雑

であって商用的な優先順位や関係当事者の経験及び選好を考慮すると FRAND ライセンシング条件は複数あり得る、とした点以外は、一審の内容を認容した判決を出した。更に、後述するように上告審である最高裁判所も控訴院の判断を認容した。

Tagivan (MPEG LA) v. ファーウェイ事件においてデュッセルドルフ地方裁判所(以下「デュッセルドルフ地裁」という。)は、パテントプールからなされた侵害通知の効力等について 2018 年 11 月 9 日に判示した。デュッセルドルフ地裁は、「侵害通知がグループ親会社から関連する各子会社に回付されることが確保されている限り、全ての子会社に対して正式な侵害通知を発することは必要とされない。整合しない何らかの根拠がある場合を除き、グループ関係の存在は、グループ親会社に対する通知は関連する子会社に対して回付されるであろうとの正当な期待を生じさせる。また、MPEG LA とプール加入者の間の契約上、MPEG LA はプールに含まれる特許のライセンスに関する法的な権限を認められており、実施者側もそのことを了解していたものであり、MPEG LA による通知はファーウェイ v. ZTE の要求を満たす侵害通知と認められる。標準ライセンス契約書は、本訴訟の被告である実施者ではなく、そのグループ親会社に送付されていたが、MPEG LA と実施者のグループ親会社の間でグループ単位でのライセンスが問題とされ、その交渉がすでに行われていたことから問題とはならない。SEP 保有者は、ロイヤルティの額及び算定方法を示すだけでなく、提示されたロイヤルティが FRAND であることを明確な形で説明しなければならない。ただし、同様の条件でのライセンス契約が市場においてすでに相当数受け入れられている場合は、ロイヤルティ水準の適切性に関するそれ以上の説明は通常必要とされない。もっとも、SEP 保有者は、原則として、主要なライセンス契約を提示しなければ、自らが提示したロイヤルティ水準を支持する契約だけを選んで提示したと評価されるリスクを負う。」とした。

Unwired Planet v. ファーウェイ事件において、デュッセルドルフ高等(上級地方)裁判所(以下「デュッセルドルフ高裁」という。)は、FRAND 宣言に基づく義務の承継等について 2019 年 3 月 22 日に判示した。デュッセルドルフ高裁は、「SEP 保有者によるライセンス条件の提示は、具体的な条件をもって、ロイヤルティ算定に用いられる料率等の要素及びその算定結果が、他の実施者との関係でも非差別的・非搾取的であることを説明するものでなければならない。もし SEP 保有者(前の権利者を含む)がこれまでもライセンスを認めている場合、ライセンス交渉の相手方に対し、SEP 保有者が提示した条件が当該相手方も他のライセンシーと同様に扱っていること、又は当該相手方を他のライセンシーと異なる形で扱っている理由を明瞭に説明しなければならない。Unwired Planet がファーウェイに対して行ったライセンスオファーが、エリクソンが締結した契約も含めた既存のライセンス契約と比較して差別的でないことを十分に示しておらず、具体的な FRAND ライセンスの申出を行うという FRAND 義務を遵守していなかったと判断した。特許を侵害している実施者は、SEP 保有者側に FRAND 宣言に基づき TFEU 第 102 条によって課された義務の違反がある場合、それによって生じた損害の賠償を請求する反訴を提起することができ、これによって実施者は、侵害によって自らが支払う損害賠償の額を FRAND ロイヤルティの限度にとどめることができる。FRAND 宣言は、当該 SEP の権利の内容をもはや改変できない形で制限するものであり、何者も譲渡時点における前の保有者が有していた以上の権利を取得することはできないのであるから、SEP 保有者は、自らは何の宣言をせずとも、前の権利者の FRAND 宣言(FRAND の原

則だけでなく、前の権利者が行ってきたライセンスに関する運用における金額や内容等に拘束される。」と判示し、SEP 保有者側に非常に厳しい判断を示した。

Philips v. Wiko 事件において、カールスルーエ高等(上級地方)裁判所(以下「カールスルーエ高裁」という。)は、SEP ライセンスの交渉プロセスについて 2019 年 10 月 30 日に判示した。カールスルーエ高裁は、「SEP 保有者は、その国において侵害製品を販売している事業者に対して侵害通知を発する義務を負うものではなく、グループの親会社に対して発した通知でも正しい宛先に対する通知と認められ得る。SEP 保有者による侵害通知は、SEP 保有者の特許がどのように侵害されているかを指摘するものであれば足り、実施者が当該特許の有効性及び必須性について最終的な判断をするために技術又は法律の専門家の助力を必要とすることになってもよい。また、クレームチャートの提供は必須ではない。SEP 保有者による侵害通知がなされた後、実施者がライセンスを受ける意思を表明するまでに必要な時間は、原則として 2 か月あれば十分である。ただし、CJEU 予備的判決は、同事件の事実関係の下で適用される枠組みを示したものであり、各当事者の義務が訴訟提起後に追完されることを排除するものではない。なお、SEP 保有者が訴訟提起後に義務を追完する場合、SEP 保有者は、実施者が差止請求訴訟による強制を受けることなくライセンス交渉ができるよう、必要な手続的措置を講じなければならない。他方、実施者が訴訟提起後に義務を追完する場合、訴訟の遅い段階になって応答したとしても義務を追完したと評価されないリスクを負う。SEP 保有者によるライセンス条件の提示は、単にロイヤルティの額及びその算定方法を説明するだけでなく、それらが非差別的・非搾取的であることを説明するものでなければならない。もし SEP 保有者がこれまでに第三者に対しライセンスを認めている場合、(i) SEP 保有者が全てのライセンシーに対して単一の条件でライセンス契約を締結しているのであれば、その条件でライセンス契約を締結すればよいが、(ii) ライセンシーによって異なる条件でライセンス契約を締結しているのであれば、交渉の相手方に対し、少なくともそれらのライセンス契約における主要なライセンス条件について、どの程度、いかなる実質的な理由に基づき、当該相手方が他のライセンシーと異なる形で扱われているか説明しなければならない。」と判示した。

ノキアが、Daimler 車の TCU(Telematic Control Unit)が同社の 2G/3G/4G の SEP を侵害しているとしてドイツのデュッセルドルフ地裁、マンハイム地方裁判所(以下「マンハイム地裁」という。)、及びミュンヘン地方裁判所(以下「ミュンヘン地裁」という。)へ Daimler を 2019 年 3 月 21 日に提訴した。

ノキア v. Daimler 事件に関連して、ミュンヘン地裁/ミュンヘン高等裁判所(以下「ミュンヘン高裁」という。)と米国カリフォルニア連邦地方裁判所(以下「カリフォルニア地裁」という。)が、外国訴訟差し止め命令(ASI: Anti-Suit Injunction、以下「ASI」という。)に関して相互に判決を出している。Continental は、ドイツでの特許侵害訴訟を停止させるために ASI 発行の申し立てをカリフォルニア地裁へ行った。これに対し、ミュンヘン地裁は Continental に対して、同申し立てを取り下げるさせる仮差し止め命令(preliminary injunction)である「Anti-Anti-Suit Injunction(以下「AASI」という。)」をドイツで初めて発行した。Continental は、ミュンヘン地裁の仮差し止め命令を不服としてミュンヘン高裁へ控訴した。ミュンヘン高裁は、①ASI からノキアのドイツでの権利を保護する必要がある、②「仮差し止め命令」の発行は、

Continental がノキアに対して起こした裁判に直接又は間接的に影響を与えない、③ノキアが米国からの ASI に対して違反した場合には罰金による不利益を被るというノキアの主張に対して、Continental はミュンヘン地裁からの「仮差し止め命令」によって被る不利益を示せていない、との理由で Continental の控訴を 2019 年 12 月 12 日に棄却した。

中国

ファーウェイ v. Samsung 事件において、広東省深圳市中級人民法院(1 審)は、SEP 権者の差止請求が認めると共に、ライセンス料率の算定について言及した判決を 2018 年 1 月 4 日に出した。同裁判所は、「ライセンス料率の見積が FRAND 原則に合致するか否かを判断するに当たって、SEP 権者が所持している 3G、4G の標準規格必須特許の実力を考慮するほか、ライセンシーである実施者の 3G、4G の携帯端末の市場価格、及び 3G、4G の標準規格必須特許の累計ライセンス料率も考慮して、過重なライセンス料率が業界の正常な利益レベルを超えてしまうことを避けなければならないところ、本件における SEP 権者の見積は、その標準規格必須特許の実力に基づき、合理的な範囲内で提示したものであって、SEP 権者の標準規格必須特許の実力から明らかに乖離したものではなく、実施者にも価格交渉の余地があるので、裁判所は、SEP 権者が実施者に提示したライセンス料率は FRAND 原則に合致している。」と判断した。

中国の国家発展改革委員会は、Qualcomm が支配的地位の濫用行為を行っていたとして、同社に 60 億 8800 万元(約 1150 億円)の制裁金を 2015 年 2 月 10 日に賦課した。国家発展改革委員会は、Qualcomm が LTE 等の無線通信 SEP ライセンス市場及びベースバンドチップ市場において支配的地位を有し、次の行為を行っていたと認定した。

- ①不公平・高価格な特許ライセンス費用の徴収
- ②正当な理由なき非無線通信 SEP ライセンスの抱き合せ販売
- ③ベースバンドチップ販売における不合理な条件の付加

Qualcomm の上記行為は、市場競争を阻害し、技術革新及び成長を抑制し、消費者利益を阻害するものであり、支配的地位を有する事業者が不公平に高価格で商品を販売し、正当な理由なく抱き合せ販売を行い、不合理な取引条件を付加することを禁止する中国独占禁止法の規定に違反するものである。

Qualcomm は、国家発展改革委員会に対して次の内容を含んだ改善措置案を提出した。

- (a) 中国国内で使用するために販売する携帯電話端末に対し、端末本体の卸売価格の 65%に基づき特許ライセンス費用を徴収する。
- (b) ライセンシーに対し特許ライセンスを行う場合、特許リストを提供し、期限切れの特許に対する費用を徴収しない。
- (c) ライセンシーの所有する特許について、Qualcomm に対し無償でのライセンスを要求しない
- (d) 無線通信 SEP ライセンスを行う場合、正当な理由なく、非無線通信 SEP ライセンスを抱き合せて販売しない。

(e) ベースバンドチップを販売する場合、ライセンシーに対し、不合理な条件を含むライセンス契約を締結してはならず、特許ライセンスに訴訟を提起しない合意をベースバンドチップの販売する条件としてはならない。

国家発展改革委員会は、今回の Qualcomm による支配的地位の濫用行為について、その性質が悪質で程度が大きく実施期間が長いことから、Qualcomm に対して違法行為を停止するよう求めるとともに、2013 年度における中国市場の売上高の 8% に当たる制裁金を賦課した。

韓国

KFTC は、Qualcomm が独禁法に違反したと認定し、1 兆 300 億ウォン(約 1000 億円)の制裁金支払いと是正措置を 2017 年 1 月 20 日に命令した。

KFTC は、次の①～③は市場支配的地位の濫用のうち事業活動妨害にあたり、②～③は不公正取引行為の取引上の地位濫用に当たると認定した。

① Qualcomm は、モデムチップメーカーに移動通信 SEP のライセンスを拒絶又は制限行為を行った。

② Qualcomm は、携帯電話メーカーにモデムチップセット供給の条件として特許ライセンス契約の締結履行を要求した。

③ Qualcomm は、包括ライセンス条件、一方的実施料率、無償グランドバックなどの契約条件を提示した。

KFTC は、Qualcomm の上記の行為は、市場支配的地位の濫用行為に該当するものとして以下の排除措置を課すこととした。

① モデムチップ製造事業者の求めに応じて、Qualcomm は携帯電話の SEP のライセンス契約を締結する際に、誠実に交渉しなければならない。

② チップセットの販売及びパテントライセンス契約を一体化することでチップセットの供給を人質にして、不当なライセンス契約を押し付けてはならない。

③ 携帯電話会社の求めに応じて、既に締結されている不当なライセンス契約に係る再交渉を保証しなければならない。また、将来において、包括的な無償ライセンス (general license) 及び無償のグラントバック (free cross-grants) を押し付ける行為についても違反行為として禁止を命じる。

Qualcomm は、KFTC の処分を不服としてソウル高等法院へ 2017 年 2 月に控訴した。同高等法院は、KFTC の是正命令のうち一部を除き大部分が適法であり、Qualcomm への課徴金賦課の処分は全額適法であるとした Qualcomm 敗訴の判決を 2019 年 12 月 4 日に出した。

本件は、Qualcomm が大法院 (最高裁) へ上告し審理中である。

(4) 特許訴訟の流れ (2020 年代)

2020 年以降の主要な動向としては、次の通りである。

□ 各国政府が多数の政策文書(競争法ガイドラインを含む)を発出した。

□ 欧州では、ライセンスにおける透明性と予見可能性を重視する方向性が示された。また、ドイツ政府は、改正特許法案(差止請求権が制限される場合がある旨を明記)を閣議決定した。

□ 米国では、司法省が、Avanci の 5G 関連 SEP プラットフォームについて、競争を阻害する恐れはないと結論付けるとともに、SEP に基づく差止請求権は失われていないこと、合理的なライセンス料の算定には複数の方法があり得ること等を明示した。

□ 中国では、当局が競争法違反判定の際の考慮基準を示すとともに、裁判所がケース分析を公表した。知的財産分野に限らない動きとして、中国政府は、「外国の法律及び措置の不当な域外適用を阻止する規則」を施行した。

□ エレクトロニクス業界の枠を超えた異業種間ライセンス紛争(主に、情報通信業界と自動車業界)が本格化した。

□ 異業種間でサプライチェーン内でのライセンス先が争点となっていることや、CJEU 予備的判決に基づく 誠実交渉の枠組みに相当程度解釈の余地があるという状況下において、ドイツ地裁は、①License to All の義務の有無と、②CJEU 判決の要件の具体化に関する CJEU への質問付託を決定した。

□ 英国最高裁は、CJEU 予備的判決の枠組みには、状況に応じた柔軟性が組み込まれていると判示した。ドイツ最高裁も、当該枠組みに則って検討を行いつつ、支配的地位の濫用に当たる行為は状況によって変わり得ると判示した(当該判決をガイドラインと表現)。

□ 国際的な裁判管轄に関係する裁判例(一国の裁判所による FRAND なグローバルライセンス条件の決定、外国訴訟差止命令(ASI)や、AASI(Anti-ASI)等)が増加した。

□ 米国の反トラスト訴訟(控訴審)で、最終製品メーカーに対してのみライセンスする方針には競争法上の問題はない(契約・特許法に基づいて判断されるべきもの)と判示した。

日本

日本では、SEP に関する裁判例はまだない。

米国

FTC v. Qualcomm 事件において、米国連邦第 9 巡回区控訴裁判所(以下「第 9 巡回控訴裁」という。)は、FTC による Qualcomm に対する反トラスト法違反に関する訴訟について、FTC の主張を認めたカリフォルニア州北部地区連邦地方裁判所(以下「カリフォルニア地裁」という。)判決を 2020 年 8 月 11 日に破棄した。

本件は、FTC が、「Qualcomm は、携帯通信に必須なライセンスを保有しており、これらは FRAND 条件で提供すべきであるにもかかわらず、ベースバンドプロセッサにおける支配的地位を悪用し、端末メーカーに不公正なライセンス供与を強制していること、競合するベースバンドプロセッサメーカーにライセンス供与することを拒否していること及び Apple に対して同社のベースバンドプロセッサだけを採用することを条件に 2011 年から 2016 年まで報奨金を支払っていたことを問題視し、Qualcomm をシャーマン法(独禁法)違反の疑いでカリフォルニア地裁へ 2017 年 1 月 17 日に提訴したものである。

カリフォルニア地裁は、Qualcomm によるモデムチップに関するライセンス行為が、シャーマン法第 1 条及び第 2 条に違反し、FTC 法の不公正な競争方法に該当するとの判決を下し、Qualcomm の事業慣行の見直しを求める差止命令を 2019 年 5 月 21 日に発出

した。Qualcomm は、同年、当該判決を不服として、第 9 巡回控訴裁へ 2019 年 5 月 31 日に控訴したものである。

第 9 巡回控訴裁は、カリフォルニア地裁の判決を破棄し、Qualcomm の中核となる複数の事業慣行を禁止するカリフォルニア地裁の恒久的かつ世界規模の差止命令を取り消した。第 9 巡回控訴裁は、Aspen Skiing Co. v. Aspen Highlands Skiing Corp. 472 U.S. 585 (1985) (以下「Aspen 事件最高裁判決」という。)において明らかにされた例外要件に該当するかを検討し、Aspen 事件最高裁判決における例外要件は、本件においてはいずれも該当せず、Qualcomm には競合するチップメーカーにライセンスする反トラスト法上の義務があるとする地裁判決には誤りがあると判断した。連邦控訴裁は、OEM メーカーに対してのみライセンスするという Qualcomm の方針は、斬新なものではあるが、シャーマン法に違反する反競争的行為ではないと判断した。

また、第 9 巡回控訴裁は、Qualcomm が Aspen 事件最高裁判決に基づく反トラスト法上の義務に従わなかったとしても、それがシャーマン法第 2 条違反に該当する反競争的行為に当たるものではないとして、FTC の主張を棄却した。第 9 巡回控訴裁は、Qualcomm が FRAND 宣言に違反しているとする点について、その救済は契約法又は不法行為法に基づいて行われるべきものであると結論付けた。更に、第 9 巡回控訴裁は、Qualcomm のロイヤルティと「ノーライセンス・ノーチップ」ポリシーは、競合するチップメーカーのモデムチップの販売において、反競争的な追加料金を課すものではないと判断した。

欧州

Sisvel v. Haier 事件において、ドイツ連邦通常裁判所 (BGH : Bundesgerichtshof、以下「ドイツ最高裁」という。)は、2020 年 5 月 5 日に SEP ライセンスの交渉プロセスについての初の SEP 関連判決を出した。Sisvel は、ノキアから譲り受けた GSM 規格に関する SEP を保有している NPE であり、Haier を SEP 侵害でドイツのデュッセルドルフ地裁に提訴し、同地裁は、CJEU 予備的判決後初めて、Sisvel の差止請求を認める判決 2015 年 11 月 3 日に出した。デュッセルドルフ高裁は、Haier の FRAND 抗弁を認容し、1 審判決を破棄して Sisvel の SEP に基づく差止請求を 2017 年 3 月 30 日に否認した。ドイツ最高裁は、2 審判決を破棄して差止請求を認容し、その他の重要な点についても 2020 年 7 月 1 日に判断を行った。同最高裁は、ホールドアウト防止のための“Willingness”判断基準の厳格化を行い、「①SEP 保有者はクレームチャートを示して侵害の事実を伝える必要はないし、実施者は過剰な技術的説明を求めてはならない、②実施者は、自社で侵害の判断ができない場合には外部の専門家に判断を求めなければならない、③実施者は無条件に FRAND ライセンスを受ける意思の表明をする必要がある。」とした。更に、Unwired Planet v. ファーウェイ事件デュッセルドルフ高裁判決の「譲受人は、譲渡人が締結したライセンス契約を開示して最も実施者に有利な条件を提示する義務を負う」とした Hard-edged ND 要件の適用を否定し、「①Non-Discriminatory (無差別な) 要件は、ビジネスの現実鑑みて解釈されるべきものである、②個々の取引の実情に応じて FRAND ライセンス条件は異なり得るものであり、Non-Discriminatory 要件は実施者に最も有利な過去のライセンス条件と同一のライセンス条件の申し出を要求するものではない。」と判示した。

ドイツ連邦カルテル庁は、ノキア v. Daimler 事件での審理に関して、裁判所に Licenses to All 等の競争法上の争点について CJEU への質問付託することを 2020 年 6 月 23 日に提言した。

ノキア v. Daimler 事件において、ドイツのマンハイム地方裁判所(以下「マンハイム地裁」という。)は、ノキアの差止請求を認める判決を 2020 年 8 月 18 日に出した。本件は、ノキアが、Daimler 車の TCU(Telematic Control Unit)が同社の 2G/3G/4G の SEP を侵害しているとしてドイツのデュッセルドルフ地裁、マンハイム地裁、ミュンヘン地裁へ Daimler を 2019 年 3 月 21 日に提訴したものの 1 つである。

シャープ v. Daimler 事件において、ミュンヘン地裁は、シャープの差止請求を認める判決を 2020 年 9 月 10 日に出した。本件は、シャープが、LTE 技術を搭載した Daimler 車が同社の SEP を侵害しているとして Daimler をミュンヘン地裁へ 2019 年 10 月に提訴したものである。

デュッセルドルフ地裁は、①サプライヤーに対して優先的にライセンスする義務が存在するか、②ファーウェイ v. ZTE 事件における CJEU の予備的判決からの要件の具体化、を求める CJEU への質問付託を 2020 年 11 月 26 日に決定した。但し、ノキアは同地裁に異議申立を 2020 年 12 月 11 日に行っている。

2021 年 6 月 1 日に、Daimler とノキアの和解により、Daimler が主張していた Licences to all の議論は消滅した。

Sisvel 対 Haier 事件において、ドイツ最高裁が 2 度目の SEP 関連判決を 2020 年 11 月 24 日に出した。2020 年 5 月の判決と同様に、SEP 権利者による差止請求を容認した。同最高裁は判決において、実施者は、権利者からのオファーが明らかに非 FRAND 条件である場合を除き、対案提示等のライセンス締結に向けた対応が求められること、CJEU 予備的判決の枠組みはガイドラインであり、事案に応じてより厳しい又はより緩やかな交渉義務が正当化される場合もあること等を判示した。

Unwired Planet v. ファーウェイ事件及び Conversant v. ファーウェイ/ZTE 事件において、英国最高裁判所(以下「英国最高裁」という。)は、SEP のグローバルライセンス等に関して上告を棄却する判決を 2020 年 8 月 26 日に出した。

Unwired Planet v. ファーウェイ事件は、Unwired Planet がエリクソンから譲り受けた SEP に関してグローバルライセンスを 1 審及び控訴審共に認めたものの上告審である。

Conversant v. ファーウェイ/ZTE 事件は、Conversant がファーウェイ及び ZTE に対して 4 件の自社特許侵害について、救済措置として、グローバル規模での特許ポートフォリオに係るライセンスに関し、FRAND 条件による実施料の算定を英国高等法院に求めたものである。ファーウェイ及び ZTE は、Conversant の特許権は ETSI 規格にとって必須ではなく、また無効であると主張すると共に、両社が世界で挙げる売上げのうち英国における売上げの割合は、それぞれ 1%と 0.07%に過ぎず、本件は実質上、有効性が問題となっている外国特許権の侵害を争点とする事案であるから、英国の裁判所は管轄を有しないか、仮に有するとしても、中国の裁判所の方がより適切な法廷であることから forum non conveniens の法理によって管轄を否定するべきであるとして手続の中止を求めた。英国高等法院は、本件事案を英国裁判所が審理・判断することは問題ないとした。このため、ファーウェイ及び ZTE が、英国最高裁に上告していた。

英国最高裁は全員一致で両方の上告を棄却し、ETSI がその IPR ポリシーに基づいて作成した契約上の取決めは、英国裁判所に多国籍特許ポートフォリオのグローバルライセンスの条件を決定する管轄権を与えるものであることを確認する判決を下すとともに、その概要をプレスリリースとして公表した。その概要は、5つの点について述べている。

①管轄権の問題について、「当裁判所は、英国裁判所が管轄権を有し、これらの権限を適切に行使できると判断する。国内の特許の有効性及び侵害に関する問題は、特許を付与した国の裁判所によって決定される。しかし、ETSI がその IPR ポリシーに基づいて作成した契約上の取決めが、英国裁判所に外国の特許を含む特許ポートフォリオのライセンス条件を決定する管轄権を与える。」としている。

②適切な法廷地の問題については、「中国の裁判所は現在、少なくとも全ての当事者がそうすべきであるという合意なしには、グローバル FRAND ライセンスの条件を決定するために必要な管轄権を有しない一方で、英国の裁判所はこれを行う管轄権を有する。」としている。

③非差別性の問題については、「Unwired Planet が FRAND 約束の非差別性の部分に違反してはいなかったと判断する。非差別的は、FRAND としての資格を与えるために、単一のロイヤルティ価格リストが全ての市場参加者に利用可能であるべきであることを示している。これは、個々のライセンシーの特性に関する調整なしに、特許ポートフォリオの市場価値に基づかなければならない。しかし、SEP 保有者が、同様の状況にある全てのライセンシーに、最も有利なライセンス条件と同等の条件でライセンスを供与する必要はない(非差別性の義務は『厳格な(hard-edged)』ものではなく『一般的な(general)』ものである)。」としている。

④競争の問題については、「当裁判所は、警告又は被疑侵害者との事前協議なしに禁止的差止請求訴訟を提起することは、TFEU 第 102 条に違反することを確認する。しかし、必要とされる警告又は協議の性質は、事件の状況によって決まる。すなわち、ファーウェイ v ZTE 事件で CJEU 予備的判決によって設定された手順に従うことは義務的な要件ではない。事実上、重要なことは、Unwired Planet が、裁判所が FRAND であると決定したどのような条件であっても、ファーウェイにライセンスを供与する意思があることを表明していた、ということである。したがって、Unwired Planet は不正に行動してはいなかった。」としている。

⑤救済の問題については、「損害賠償の裁定を、高等法院で認められかつ控訴院によって支持された差止めの代替とすることができた根拠はない、と判断する。Unwired Planet 又は Conversant は、裁判所が FRAND であると納得する条件で SEP をライセンスすることを申し出ていない限り、権利を行使することができないため、Unwired Planet 又は Conversant が法外な料金を請求する手段として差止めの脅しを使用するリスクはない。さらに、損害賠償の裁定は差止めの適切な代替にはならない。」としている。

中国

ファーウェイ対 Conversant 事件において、ドイツの裁判所が下した差止請求を認める判決に対して、中国の最高裁が外国執行差止命令(ASI: Anti-Suit-Injunction)を

出した。本件は、2018 年 1 月にファーウェイが南京中級人民法院に Conversant の 3 件の特許権の非侵害確認及び他の特許権の SEP ライセンス料率の確認を求めて提訴したのが始まりである。

同年 4 月には Conversant が、ファーウェイを相手取り、ドイツのデュッセルドルフ地裁に特許権侵害訴訟を提起した。

南京中級人民法院は、一部の有効な特許権について SEP ライセンス料率を決定する判決を 2019 年 9 月 16 日に出し、Conversant は最高人民法院に上告した。

ドイツのデュッセルドルフ地裁は、ファーウェイの特許権侵害を認容し、ドイツでの差止めを命ずる判決を 2020 年 8 月 27 日に出した。

ファーウェイは、最高人民法院に「行為保全」を申請、最高人民法院が最終判決を下す前に、Conversant によるドイツのデュッセルドルフ地裁判決の差止執行申請を禁止する行為保全措置を 2020 年 8 月 27 日に申立て、翌日、最高人民法院はこの申立てを認める判決を出した。これは、いわゆる Anti-Suit-Injunction (ASI) に相当する「禁訴令:反訴訟/執行差止命令」である。更に、最高人民法院は、Conversant がこの裁決に違反した場合、違反の日から 1 日あたり 100 万人民币元(約 1600 万円)の罰金が科されるとのは判決も出した。

Conversant から再審理請求が 2020 年 9 月 4 日に提出され、最高人民法院は、公聴会を実施して検討したが、再審理を 2020 年 9 月 11 日に却下した。その後、両社はグローバルに紛争を終結する和解を行った。

InterDigital v. Xiaomi (小米) 事件 SEP 関連訴訟において、Xiaomi は Global FRAND レートの決定を求めて InterDigital を中国の武漢中級人民法院へ 2020 年 6 月 9 日に提訴した。

InterDigital は、インドのニューデリー高裁に対して、Xiaomi によるインドにおける同社特許の侵害訴訟を 2020 年 7 月に提起した。

Xiaomi は、武漢中級人民法院へ InterDigital に対する執行差止命令を 2020 年 8 月 4 日に申し立て、同院は、Xiaomi の求めに応じて、InterDigital に対して同院の最終判決までニューデリー高裁での差止請求の取下げ又は執行差止を命令し、もし違反した場合には 1 日あたり 100 万人民币元(約 1600 万円)の過料を課すとした判決を 2020 年 9 月 23 日に出した。

これに対して InterDigital は、インドのニューデリー高等裁判所及びドイツのミュンヘン地裁へ、武漢中級人民法院が同社に対して出した訴訟禁止命令 (ASI) を禁止する反訴訟禁止命令 Anti-Anti-suit Injunction (AASI) を申請した。ニューデリー高裁は、Xiaomi に対して武漢中級人民法院の命令の執行を差止める AASI を 2020 年 10 月 9 日に出した。ドイツのミュンヘン地裁は、2020 年 11 月 9 日に AASI を発行した。Xiaomi が武漢中級人民法院で 2020 年 12 月 4 日に得た訴訟差止命令はドイツにおいては適用されないとした 2020 年 11 月 9 日の AASI を 2021 年 1 月 28 日に確認した。

Oppo v. シャープ事件において、中国の深圳中級人民法院は、中国の裁判所が世界中に適用される Global FRAND レートを決めることができるとの判決を 2020 年 10 月 16 日に出した。この判決より前に、中国の最高人民法院は、ZTE v. Conversant 事件で深圳中級人民法院が中国レートを決められると 2020 年 8 月 21 日に判示していたが、

今回の判決は、それをさらにグローバルに拡張したものである。OPPO は、裁判所に求めた下記の 3 つの事項を求め、裁判所はいずれも認容した。

- ①シャープが権利者としての FRAND 義務を怠ったこと。
- ②シャープの 3G、4G、WLAN のグローバルライセンスレートを決定する。
- ③シャープに賠償金 3 百万人民元 (約 46 万ドル) を支払わせること。

韓国

韓国では、SEP に関する裁判例はまだない。

二次利用未承諾リスト

報告書の題名	5G6G通信分野に係る技術基盤等の動向調査
委託事業名	令和3年度重要技術管理体制強化事業
受注事業者名	株式会社 サイバー創研

頁	図表番号	タイトル
13	図2-2	超高速通信を実現する 5G NR と Massive MIMO
14	図2-3	モバイル・エッジ・コンピューティング (MEC)
15	図2-4	0-RAN における Technical Working Groups について
16	図2-5	ネットワークスライシングの概要
17	図2-6	5G ネットワークへの移行
18	図2-7	世界の移動体通信サービス契約数の推移及び予測
19	図2-8	モバイル回線全体に占める 5G 回線比率の予測
19	表2-1	各国の 5G 通信サービスの動向と主要キャリア
20	図2-9	世界の移動通信インフラ機器市場
21	表2-2	5G 通信対応基地局の主要プレイヤー
22	表2-3	エッジ機器の主要プレイヤー
23	表2-4	基地局向け部品・材料市場の動向
24	表2-5	基地局向け部品・材料市場での主要プレイヤー
26	表2-6	エッジ機器向け部品・材料市場での主要プレイヤー
27	表2-7	主要国・地域別の主要プレイヤー一覧
53	図3-8	標準必須特許のライセンスを巡る在り方 ①ライセンス先の在り方
54	図3-9	標準必須特許のライセンスを巡る在り方 ②ライセンス条件の在り方 (非差別的)
54	図3-10	標準必須特許のライセンスを巡る在り方 ②ライセンス条件の在り方 (合理的)
55	図3-11	標準必須特許のライセンスを巡る在り方 ③ライセンス交渉過程の在り方
76	図4-11	核心技術候補 (時空間同期) の役割
78	図4-14	核心技術候補 (AR/VR) の役割
80	図4-16	核心技術候補 (AI 技術) の役割
91	図5-1	仮想型プライベート 5G 網イメージ図
91	図5-2	混合型プライベート 5G 網イメージ図
92	図5-3	専用型プライベート 5G 網イメージ図
111	図6-2	NEC の目指す姿: グローバル 5G 事業
112	図6-3	NEC の製品戦略