

岐路に立つ日本 – 4G から5G 革命へ

日本はいかにして次世代ネットワークを活用したイノベーションを加速させ、通信セクターにおけるリーダーシップを取り戻すか

調査レポート 2018年1月



序文

日本の通信業界は、大きな変革の真っ只中にあり、急速な技術の進歩に取り残されまいと奔走している。オリンピック・パラリンピックが開催される2020年までに、日本の通信事業者は次世代モバイルネットワークである5Gを順次導入する予定であり、今回も日本は次世代ネットワークを導入する先頭集団の国のひとつとなる見込みである。また、周波数オークションの導入や第4の通信事業者参入の可能性といった変化が、今後業界の当事者全てに影響を及ぼすことは必至である。市場環境の変化に対応し、新技術の導入を完遂させるためにも、通信事業者、端末メーカー、そして機器メーカー各社は連携を強めると共に、これまで以上に各種取り組みを加速する必要がある。

本稿の執筆陣が目指すのは、日本国内通信産業のステークホルダーがネットワークの移行を成功させると共に、高採算かつ持続可能なエコシステムを生み出すアプローチについての見解を打ち出すことである。世界クラスのインフラ構築を行うことが、日本が今後も技術発展の最前線に立ち続けると共に、他国市場の発展に伴って日本が強みを持つ産業群の存在感が高まることに繋がると、我々は確信している。

なお、本稿は通信産業の事業環境に絡む課題と機会を分析したものであり、次世代ネットワークの技術仕様を説明するものではない。

本稿は、マッキンゼーの日本オフィスとマッキンゼーの通信・メディア・テクノロジー (TMT) のグローバル・プラクティス・グループとの共同作業の賜物である。Ferry Grijpink、Gustav Grundin、梶井 健、小松原 正浩、Richard Lee、Suraj Moraje、重松 路威、Freddie Södergren、梅村 太郎、Ole Jørgen Vetvikの諸氏をはじめ、アドバイスや意見を寄せてくれたマッキンゼーの多くの仲間に謝意を表す。また、Pauline Arnold、Bijeta Joshi、Mats Lindelöw、Michele Manigart、武藤 華子、岡 由美子、Lorraine Salazar、関口 文、高須 紗希の諸氏をはじめ、本レポートの制作をサポートしてくれた仲間に対しても謝意を表したい。

アンドレ・アンドニアン (André Andonian)
シニアパートナー、東京
日本支社長

アクセル・カールソン (Axel Karlsson)
シニアパートナー、香港
APAC 地域 通信・メディア・テクノロジーグループリーダー

野中 賢治 (Kenji Nonaka)
パートナー、東京
調査統括責任

2018年1月

目次

エグゼクティブサマリー	5
1. 歴史的背景 – モバイル通信のリーダー	7
2. 現状 – 立ち遅れ	9
2.1 容量不足と利用の制約	9
2.2 モバイル通信機器市場における海外メーカーとの競争	11
3. ネットワークの進化がもたらすもの – なぜ日本にとって重要か	15
3.1 性能の大幅な改善とユースケースの増大	15
3.2 日本の産業と社会全体の競争力および将来の成功にとっての重要性	18
4. 今後の道筋 – 日本はいかにリーダーシップを維持していくか	25
4.1 通信事業者は、世界最高水準の製品とサービスを基に次世代インフラと顧客向けサービスを早期に構築する必要がある	25
4.2 国内の通信機器メーカーは、能動的に世界・国内のプレーヤーとの提携関係を築き、新たな成長の切り口を見つける必要がある。	27
4.3 政府、規制当局は、通信事業者や通信機器メーカーと協働して新技術を採り入れ、日本の強みを持つ産業群の新製品・サービス創出を加速させる必要がある	30
5. 未来への展望 – 日本はなぜ移行を加速する必要があるのか	37
用語集	39
脚注	41

エグゼクティブサマリー

日本は、過去40年間にわたりモバイル通信で世界をリードしてきた。日本の画期的な技術革新として、商業用モバイルブラウザによる世界初のウェブサービス、携帯端末による世界初の電子メール、世界初のカメラ付き携帯端末の上市などが挙げられる。イノベーションの文化が、持続可能なエコシステムを生み出し、日本の産業拡大の原動力となった。

しかし近年、日本のリーダーシップは徐々に揺らぎ始めている。日本のネットワークには容量不足の兆しが見られ、Appleをはじめとするグローバルプレーヤーの躍進によって国内メーカーの競争環境は苛烈になっている。その結果、関連産業のプレーヤーは、新たに登場したIoT (Internet of Things) などの事業機会を十分には活かしきれていない。日本は今、モバイル通信を起点とする将来の産業競争力の行末を決める岐路に立たされていると言える。

その合間にも、モバイルネットワークは、スピード、容量、レイテンシ(データ送信の遅延時間)を大幅に改善する5Gに向けて進化を続けている。これは、日本にとっては政府・産業界を挙げた抜本的な取り組みを行うべき機会と言える。その理由として、第1に、通信事業者は容量不足を緩和しデータトラフィックと接続数の爆発的な増加に対処できるようになることが挙げられる。第2に、現時点ではまだ海外プレーヤーの優位性が確立されているとは言えない拡張現実や仮想現実といった急成長分野において、新たな事業を創出する機会となり得る。第3に、自動運転車やロボットなどの分野で、日本が従来から強みを持つ産業群が技術を革新し競争力を維持できる土台となり得る。第4に、遠隔での診察や災害警報など新たな付加価値サービスが政府や国民に提供される契機となり得る。最後に、5Gによりもたらされる経済価値は莫大な額にのぼり、IoTに限っても2025年には金額にして4~11兆ドルに達すると推定されている。これらを勘案すると、次世代ネットワークは日本にとって優先して取り組むべき課題と言えよう。

この機会を捉えるために、業界のステークホルダーは、以下の3つの戦略的な課題を検討する必要がある。

1. **通信事業者¹は、世界最高水準の製品とサービスを基に次世代インフラと顧客向けサービスを早期に構築する必要がある。** 通信事業者は、世界標準のイノベーションやソリューションを活用しつつカスタマイズを極力抑えることで、新技術の導入までのリードタイムを短縮すると共に、ベンダーロックインを抑制し、費用対効果の高いソリューションをネットワーク全体に展開する必要がある。その際、世界標準を目指す努力と調達能力の向上がこのプロセスの一助となる
2. **国内の通信機器メーカーは、能動的に世界・国内のプレーヤーとの提携関係を築き新たな成長の切り口を見つける必要がある。** ネットワーク機器・設備と端末メーカーは、自社の持つ強みを俯瞰・特定したうえで、自社の製品ポートフォリオを見直し、カスタマイズを抑え、より能動的な提携関係を築くことで、増大する開発コストを軽減させながら5Gの成長機会を活かす必要がある
3. **政府、規制当局は、通信事業者や通信機器メーカーと協働して新技術を採用し、日本の強みを持つ産業群の新製品・サービス創出を加速させる必要がある。** 政府・規制当局、また産業界も、次世代ネットワークを構築するプロセスの中で通信業界に積極的に関与することで、通信セクターはもとより、日本の関連産業群が世界規模でスケールアップできる新製品やサービスを生み出し、技術におけるリーダーシップを獲得することを狙う必要がある

これらの取り組みを通じて、日本がモバイル通信分野のリーダーシップを取り戻し、新産業の創出を後押しすると共に、社会全体に恩恵をもたらすイノベーションをより加速させていくことが可能になる。しかし、時間は限られているように見える。早期に展開すれば先行優位を享受できる一方で、行動が遅れば他国に出し抜かれ、日本は取り残されてしまう可能性もある。



1. 歴史的背景 – モバイル通信のリーダー



モバイルインターネットの草分けはiモードだった。このアプリケーションにより、ユーザーは携帯電話でウェブページに簡単にアクセスできるようになった。

1999年にiモードが導入されると、コンテンツ作成者向けに新たなマークアップ言語が定められた。それまでのワイヤレス・アプリケーション・プロトコル(WAP)とは異なり、ユーザーがPC向けのHTMLサイトにアクセスすることが可能となり、これによりモバイル技術³のリーダーとしての日本の立場は不動のものとなった⁶。

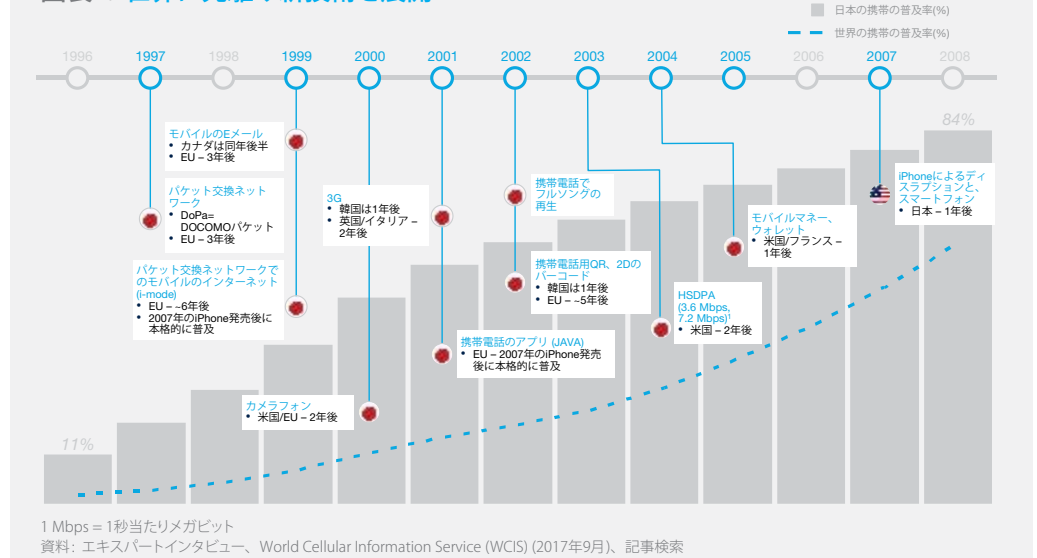
iモードは日本では大人気を博したが、数カ国で導入されたものの海外では普及せず、以後新しい技術に取って代わられた⁷。

歴史的に見ても、日本はモバイル技術のリーダーとして、革新的な無線アプリケーションやデバイスの開発と次世代規格の導入に先んじてきた。日本電信電話(NTT)が1979年に最初のモバイル通信網を導入して以来、日本企業は次々にイノベーションを実現してきた。それらには、モバイル電子メールやi-modeのインターネット技術、カメラ内蔵の携帯端末、モバイルウォレットなどが挙げられる²。他国では、同様の機能を導入するのにその後何年も要している。それらを横目で見ながら、日本では、1996年の11%から2008年には84%へと世界最速に近いスピードで携帯端末が普及し、それを上回る国は今なお数えるほどしか存在していない³(図表1)。

イノベーションで市場を牽引することに加え、日本の端末・機器メーカーと通信事業者は、世界標準のアプリケーションや関連技術の規格化を目指して他国と協業するよりも、独自にカスタマイズした製品やモバイルネットワーク規格の開発を進めていった。例えば、Global System for Mobile Communications (GSM)が世界各国で採用されたのに対して、パーソナル・デジタル・セルラー(PDC)は結果的にはほぼ日本だけで使用されたネットワーク規格であった。もうひとつの例はiモードで(左記参照)、日本では広まった一方で、海外で広く普及することはない⁴。

ただし、イノベーションでの先行と早期導入の環境が、モバイルネットワーク事業者(MNO)を中心として強固なエコシステムを作り出した。製品開発の目覚ましい実績と卓越した技術力を梃子に、大手携帯端末メーカーとネットワーク機器メーカー数社は規模を急速に拡大した。日本市場は急成長し、海外進出なくとも存続可能な規模に達した。

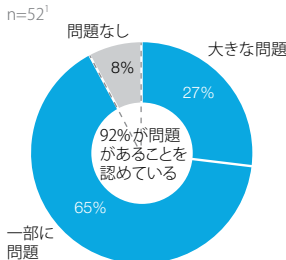
図表1: 世界に先駆け新技术を展開





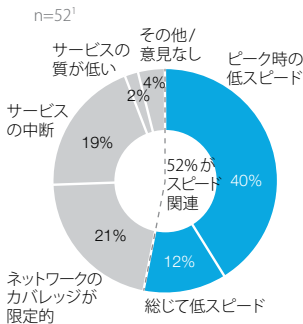
2. 現状－立ち遅れ

サーベイ1: 通信業界幹部の90%以上が現在のモバイルネットワークに問題があることを認めている



¹ 現在の日本のモバイルネットワークに問題があると思いますか？
資料：日本の通信業界幹部を対象にマッキンゼーが実施したサーベイ (2017年9月)

サーベイ2: ユーザーにとって現在のLTEネットワークの主な問題点は低スピードであると見なされている



¹ ユーザーにとって現在のLTEネットワークの主な問題点は何ですか？
資料：日本の通信業界幹部を対象にマッキンゼーが実施したサーベイ (2017年9月)

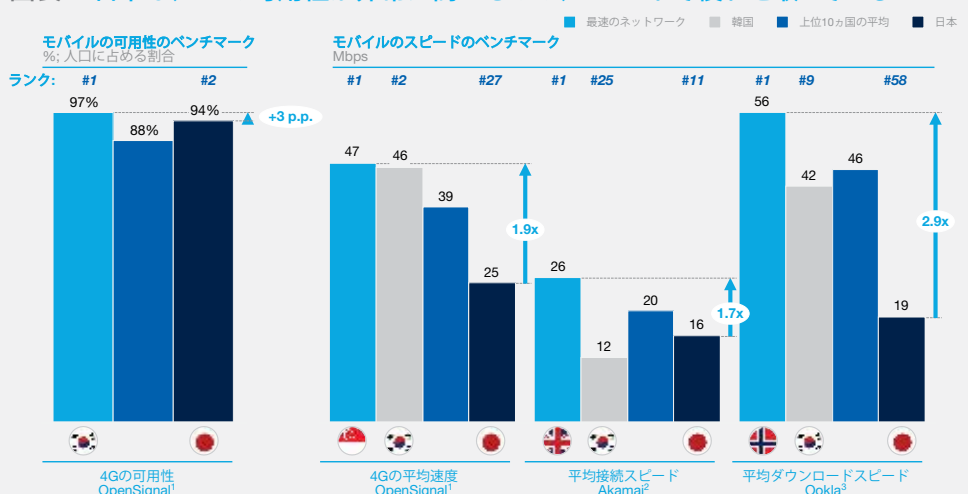
日本は依然として世界で最も進んだ通信インフラシステムを誇る国のひとつであることは疑いないだろう。通信事業者の財務状況は健全であり、ネットワークインフラは可用性の面では世界最高の部類に入り、LTEネットワークにアクセス可能な人口は全体の93%に達している⁸。

しかしながら、将来にわたる日本の関連産業群のグローバルでの競争力の維持、公共部門における最高水準のサービスの確立、という観点からは、独自の技術革新、進化を遂げた日本のモバイルネットワークのエコシステムにも綻びが見え始めている。足元では、都市の高い人口密度とモバイル普及率により、ネットワークの容量不足とそれに伴う利用の制約という課題が見え始めている。また、日本独自の規格に合わせてきたエコシステム全体が脆弱になりつつある。今回、日本の通信業界の幹部52名を対象にマッキンゼーが実施した調査からも、業界幹部の間でネットワークインフラ、エコシステムの潜在的な課題認識が浮かび上がってきていることが分かる(サーベイ1)⁹。

2.1 容量不足と利用の制約

日本は、過去20年間インフラに多額の投資を行ってきた。その結果、日本のネットワークは世界で最も密な部類に属し、一般的に高水準のカバレッジを誇っている。しかし、人口密度が高い都市での需要の増大によって、ピーク時を中心に接続スピードが圧迫されている。前述した日本の通信業界幹部対象のサーベイによると、回答者の半数以上が、現在のネットワークが抱える主な問題点はピーク時の低スピードまたは全般的な低スピードのいずれかと考えている(サーベイ2)。このことを裏付けるように、国際的なスピードのベンチマークでは、日本の平均的なネットワークのスピードは他の世界のリーダー国よりも遅く、3つのベンチマークのうちの2つが示すように、韓国など他の人口密度が高い国よりも劣ることが判っている(図表2)。これに関しては、地下鉄内で携帯電話が広く利用されていることや、スピードよりも特殊な用途に対してネットワークが最適化されているなど、いくつかの要因が結果をゆがめている可能性がある。とは言え、モバイルデータトラフィックの右肩上がりの増加によって、ネットワークは将来さらに圧迫されることになるだろう。

図表2: 日本は、4Gの可用性が非常に高いものの、スピードで後れを取っている



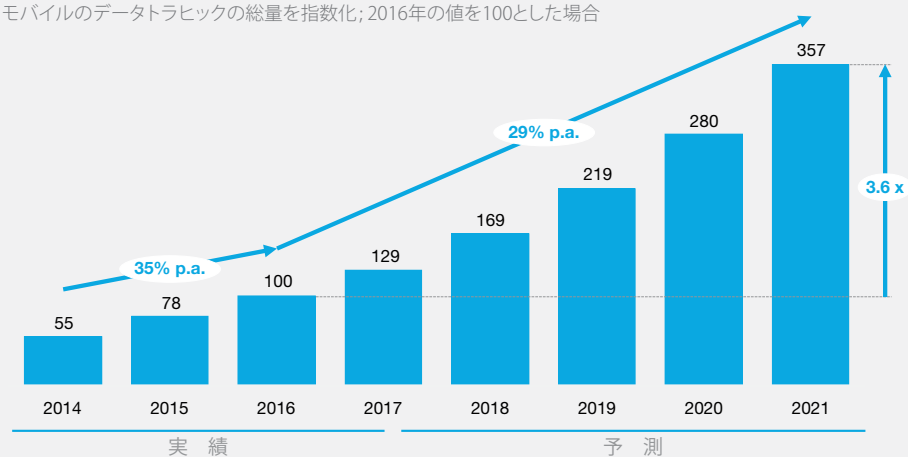
¹ OpenSignalのアプリを利用しているユーザーの通常の使用状態での2017年7月1日から同年10月1日にかけての約500万台の測定器および約380万台のスマートフォンおよびスマートデバイスの分析結果。「可用性」は特定のネットワークにユーザーがアクセスできる時間の割合として測定し、「スピード」はLTEあるいはLTE Advancedネットワークにおける平均ダウンロード接続スピードとして測定
² モバイルネットワーク(IPv4)の平均接続スピードは、スマートフォン、タブレット、コンピュータおよびモバイルネットワークプロバイダー経由でインターネットに接続するその他のデバイスの利用状況データに基づいて算出
³ 平均ダウンロードスピードは、Speedtestを使って実際の利用者を対象に毎月行う何億回ものテストに基づいたもの。インデックスに含めるためには少なくとも670人のユニークユーザーのテスト結果が必要となる
資料：OpenSignal (2017年6月)、Akamai (2017年第1四半期)、Ookla (Speedtest) (2017年8月)

長年にわたり、日本のデータトラフィックは、一貫して年率30%近く増加してきた(図表3)。高品質の動画に対する需要が牽引役となり、今後もこの傾向が続くことが予想される(図表4)。需要の増大はピーク時を中心にネットワークを一段と混雑させるリスクをはらみ、エンドユーザーの顧客体験に影響を及ぼし、結果的に顧客において消費されるデータ量の減少が売上の減少、ひいては事業者の収益性の悪化につながる。

予想される伸びに対応するにはかなりの容量追加が必要であり、高密度化が必要な反面、土地代がかさむ東京などの都市では、現在の技術のままでは非常にコストがかかることになることが予想される。

図表3: 日本では、2016年から2021年にかけてモバイル端末のデータトラフィックが3倍以上に増えると予想されている

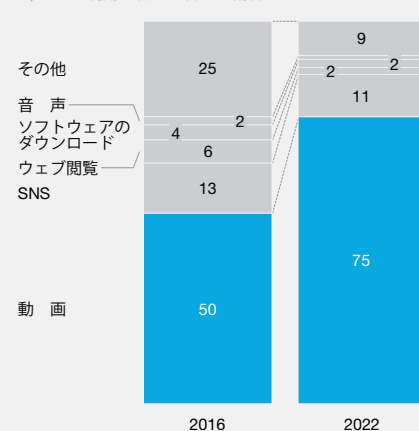
日本のモバイル端末のデータトラフィックの伸び;
モバイルのデータトラフィックの総量を指数化; 2016年の値を100とした場合



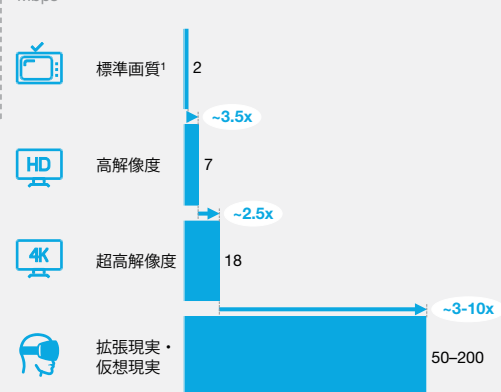
資料: Cisco VNI Global Mobile Data Forecast (2017年12月12日にアクセス), cisco.com

図表4: 動画の利用とより高度な技術へのシフトがトラフィックの伸びを牽引

モバイル端末のデータ利用のトレンド
%; データ利用の総量に占める割合



様々な動画技術のデータレート
Mbps

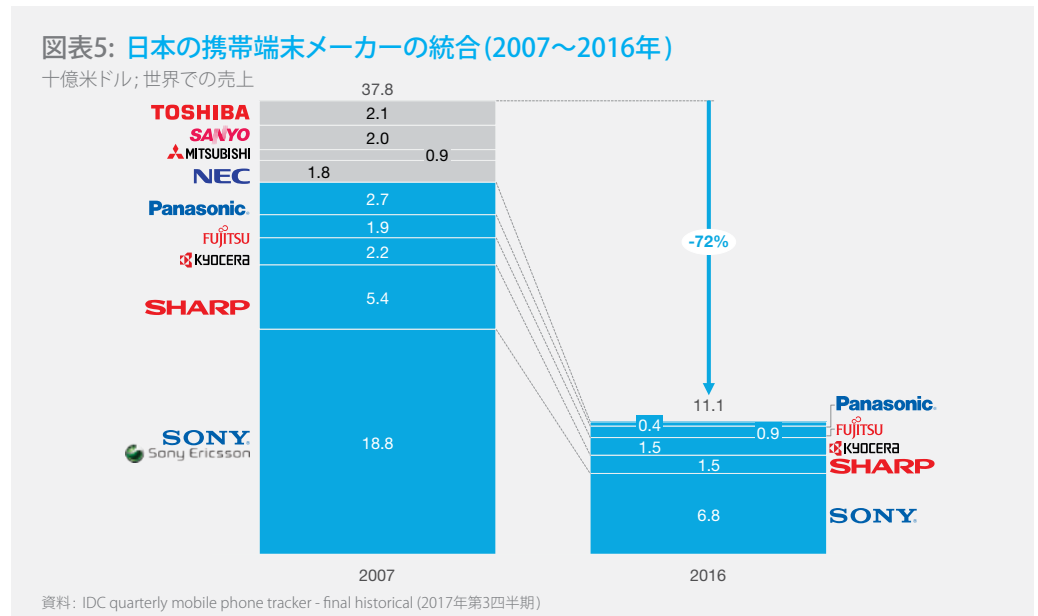


¹ TVの信号の種類: PALシステムは576i、NTSCシステムは480i

資料: エキスパートインタビュー、Ericssonのモビリティに関するレポート(2017年6月)、マッキンゼー分析

2.2 モバイル通信機器市場における海外メーカーとの競争

通信機器や端末の市場においては、グローバル企業との競争が日本のエコシステムを大きく変容させ、国内企業の多くが市場から撤退することとなった。中でも携帯端末メーカーの苦境が目立っている(図表5)。iPhoneが発売された2007年、日本では大手メーカー9社が携帯電話を製造していたが、そのうち三菱、NEC、サンヨー、東芝は2016年までに撤退しており、2017年に入ると富士通も携帯端末事業から撤退する予定であることが報じられた¹⁰。

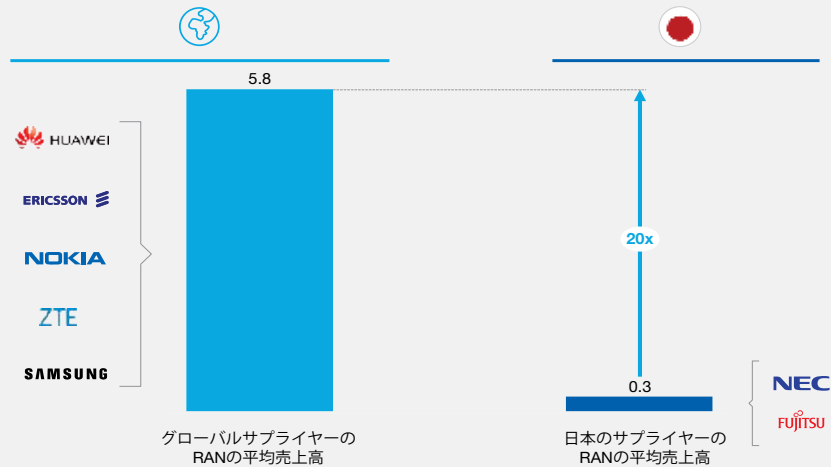


日本の国内市場は、大規模で、ネットワークがカスタマイズされ、通信事業者別の端末が使用されてきたことから、Ericssonとの提携により海外に進出したソニーを除き、これまでほとんどのメーカーは海外でシェアを伸ばせなかった。海外の端末メーカーが日本で急速にシェアを伸ばした半面、2016年の日本メーカーの国内市場での合計シェアは31%にとどまった¹¹。

同様に、日本のネットワーク機器メーカーもグローバル企業との競争にあえいでいる。Huawei、Ericsson、Nokia Networksなど世界のネットワーク機器メーカーの無線アクセスネットワーク機器の収益は、日本企業の20倍近くにも及ぶ(図表6)。このセクターでは合従連衡が加速しており(図表7)、NECや富士通などの国内企業は、世界的な企業との競争で今後より一層厳しい事業環境となる可能性が高い。グローバル企業はその規模を梃子に、日本企業の何倍もの資本をネットワーク設備の大規模開発に投入している。この規模の優位性は10年おきのサイクルで顕著に見られる現象である。これは次世代ネットワークの開発が進行してメーカーが新技術への投資を迫られる一方で、前世代の研究開発も継続しながら、出費を抑制する傾向にある顧客である通信事業者への個別の対応も同時に求められるからである。このサイクルは今に始まったことではなく、Lucent、Siemens、Nortel Networksなど大手ネットワーク機器メーカーの合従連衡のきっかけにもなった。地域の規格が単一のグローバル規格に向けて収斂し、様々な企業の開発の多くが同じ分野に絞られる分、現世代において規模のゲームはますます顕著になるだろう。

図表6: 日本のネットワーク機器メーカーは規模の点でかなり不利である

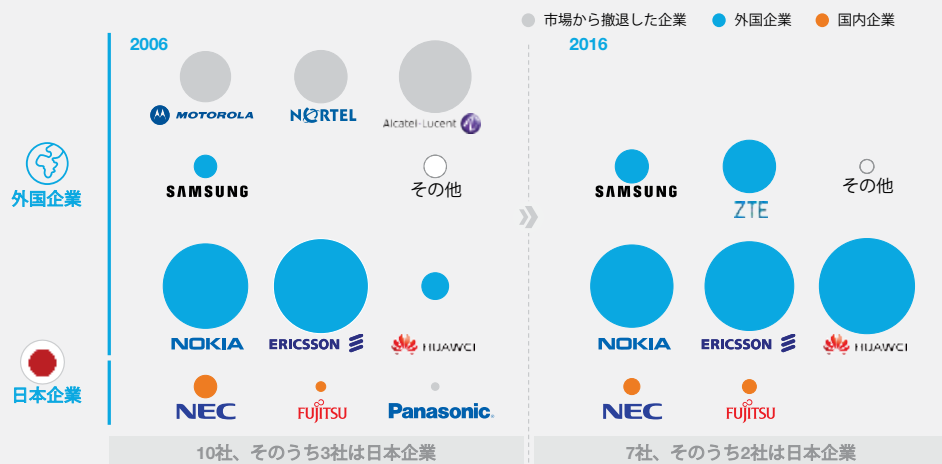
十億米ドル; 無線アクセスネットワーク (RAN) の売上; 2016年



資料: Dell' Oro, モバイル無線アクセスネットワーク (2016年)

図表7: 世界の無線アクセスネットワーク機器市場の統合 (2006~2016年)

円の面積は無線アクセスネットワークの売上を表す



資料: Dell' Oro, モバイル無線アクセスネットワーク (2016年)

日本の3大通信事業者であるKDDI、NTT DoCoMo、ソフトバンクは財務的には健全である。3社のユーザー当たりの月間平均収益 (ARPU) は38ドルと、欧州中東アフリカ (EMEA) 地域の平均である20ドルを上回り、月間解約率もEMEAの1.9%に比べて0.7%と低い¹²。この状況は世界的に見て非常に珍しく、世界の他の地域を前例とするならば、日本の通信事業者は今後厳しい先行きに直面するおそれがある。通信事業者別ではなく全事業者で利用できるiPhoneやGalaxyのような端末を顧客が求めるようになることで、端末での差別化は限定的となり、価格と性能に焦点が絞られるようになる。そうなれば、利益率は圧迫され、それに合わせたコスト面の優位性がより重要になるだろう。

日本市場を取り巻く昨今の状況は日本の通信業界に様々な課題を突きつけ、これまでモバイル通信のリーダーの座にあった日本は新たな現実と直面することになる。しかし、この瞬間こそ、日本が再び競争優位に立ち、リーダーシップを取り戻すための転換点ともなり得る。



3. ネットワークの進化がもたらすもの – なぜ日本にとって重要か

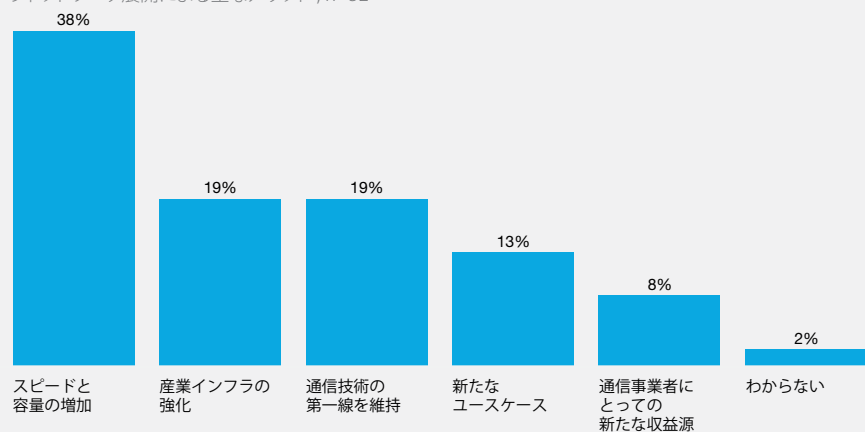
LTEアドバンストや5Gなどの次世代ネットワークの展開により、将来日本は転換点を迎えることになる。5Gが経済に与える影響は膨大で、最近の予測では、5Gが世界経済にもたらすインパクトは2035年までに12.3兆ドル(中国の2017年のGDPに相当し、2035年の世界の推定実質総生産の4.6%)に上ると見られている¹³。現在計画されている5Gネットワークの容量は、拡張現実などの新たなテクノロジーが一般的に普及するために必要なインフラを提供する。4Gネットワークの導入を受けてiPhoneが普及した事例のように、こうした技術は、企業にとって革新的かつ破壊的な技術や製品を開発するチャンスを生み出すことになり、日本全体に大きな恩恵をもたらすことになるだろう。

3.1 性能の大幅な改善とユースケースの増大

今後予想されるデータトラフィックの伸長を考慮すると、ネットワークの5Gへの進化は不可避と言える。追加の帯域に加え、協調マルチポイントやマッシブ・マルチユーザー・マルチ入力マルチ出力(MIMO)などの技術により帯域の効率が向上するため、5Gのインフラでは4Gよりも低コストでのデータ通信が可能となる。実際に、多々ある5Gのメリットの中でも、日本の通信業界の幹部は、新たなユースケースや追加収益源など以上に、スピードと容量の拡大に期待を置いている(図表8)。レガシー設備における容量の増強コストがかさむにつれ、5Gを通じた効率向上が必要になるだろう。

図表8: 日本にとって5Gの展開による主なメリットはスピードと容量の増加にあると考えられている

5Gのネットワーク展開による主なメリット¹; n=52



¹ 日本にとって5Gネットワークを展開する主なメリットは何ですか？

資料: マッキンゼーが日本の通信業界幹部を対象に実施したサーベイ(2017年9月)

ネットワークのスピードだけに限らず、接続数の増加とレイテンシの大幅な短縮も、5Gのメリットを真に理解するうえで肝要である。これらの新たな技術基準は強化モバイルブロードバンド、マッシブIoT、ミッションクリティカルな制御アプリケーションを含め、これまでよりもはるかに多彩なユースケースに対応することになる(図表9)。

5Gの仕様と要件

通信規格団体である3GPP (3rd Generation Partnership Project) は、5Gネットワークの技術規格を開発中で、実用化に向けて2019年には完成が期待されている。当初の計画では、LTEと比較して、主に以下の項目に関して大幅に性能を改善させることを企図している¹⁴。

- **超高速データスピード**: スピードは理論的には4Gより最大100倍速く、固定のブロードバンド級のスピード、一部の地域ではGB/秒 (Gbps) のスピードを実現する
- **超低遅延**: 反応時間は4Gネットワークの五分之一で、レイテンシの理論上の反応レートは1ミリ秒である
- **多数同時接続**: 無線基地局当たりの接続数は4Gの100倍となり、今後予想されるIoT機器の増加に対応する
- **他の要件**:
 - **極めて高い信頼性**: ネットワークを要求するユースケースに対し、99.999%以上の信頼性を提供する
 - **機器の電力効率**: IoT機器の電池の寿命は10年以上に延長

次世代ネットワークへの進化においては、異なる領域の性能を大幅に高めるために様々な技術を結集して統合する必要がある。それらの例としては、マッシュMIMO、ミリ波スペクトラム、スペクトラムの共有技術を備えた調整と波形、ソフトウェア定義ネットワーク (SDN) を備えたコア、などといった技術を活用した新たな無線フロントエンドが挙げられる。

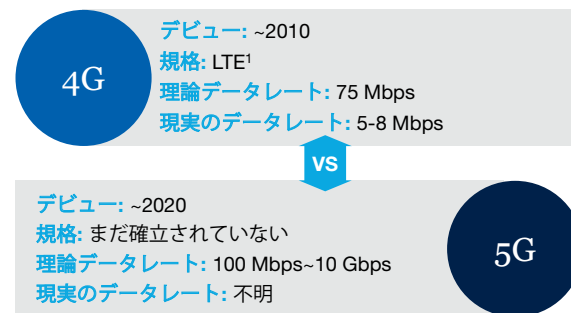
それらの技術はマクロおよびマイクロセルの連携の上に成り立つが、LTE基地局の効率が高まりLTEアドバンストと呼ばれる新機能を備えるようになれば、マイクロセルにおけるLTE基地局の活用は一段と拡大する。こうして5GはLTEやLTEアドバンストの一部として既に実用化されている既存の技術や機能も活用することになる。本稿では、単独では5Gと呼ばれないとしても、現在のネットワークにない機能を「5G」や「ネットワークの進化」と呼んでいる。

現在、「真の5G」構築に向けて、様々な取り組みが進められている



資料: エキスパートインタビュー、GSMA, SKTのウェブサイト、チーム分析

4Gと5Gの相違点

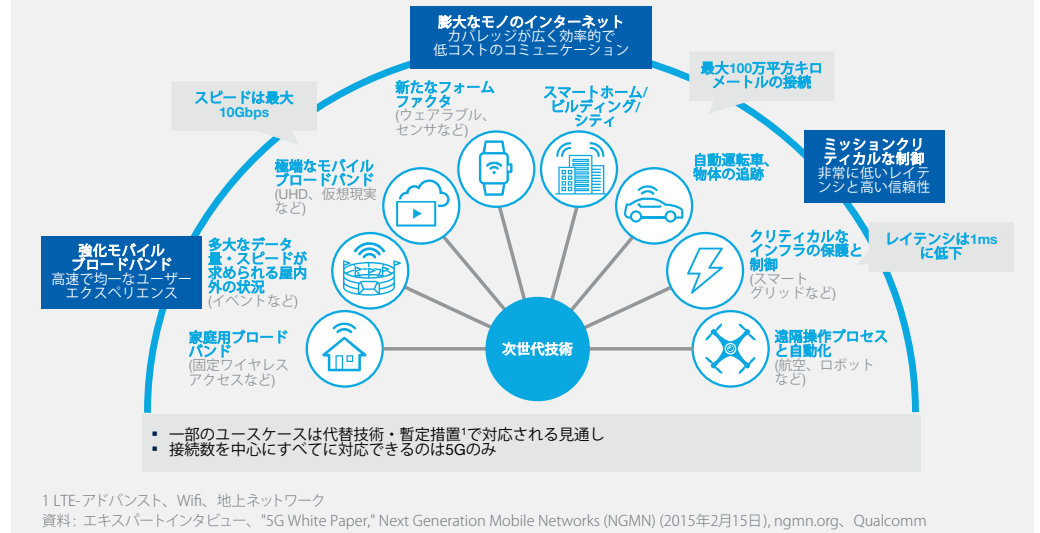


5Gの他の要件

- 電力消費は現在の十分の一に
- デバイスの電池の寿命は10倍に
- 信頼性が非常に高い(99.999%の信頼性)
- レイテンシは1ミリ秒以下に

¹ LTEはデータレートが最大1GbpsのLTEアドバンストとLTEプロに進化している
資料: エキスパートインタビュー、"5G White Paper," Next Generation Mobile Networks (NGMN)(2015年2月15日), ngmn.org, "Augmented and Virtual Reality: The First Wave of 5G Killer Apps," Qualcomm (2017年2月1日), qualcomm.com

図表9: 次世代技術により新種のユースケースが登場



- **強化モバイルブロードバンド:** 強化モバイルブロードバンドにより、技術力と要件の限界は一段と広がると期待される。スピードは大幅に速くなり、大型4Kの動画ストリーミングや固定ワイヤレス(家庭用でもファイバー並みの速度が実現)が実現する。次世代技術によりレイテンシが改善すれば、例えばマルチプレーヤーのゲーミングプラットフォームもモバイル機器に移行することが予想される
- **マッシブIoT:** マッシブIoTとは、ウェアラブルやスマートホームを含め、ハンドセット端末以外でインターネットに接続する新たなデバイスの爆発的増加を指す。5Gネットワークであれば、各基地局に接続されるデバイス数の急増に対応可能である
- **ミッションクリティカルな制御:** ミッションクリティカルな制御とは、ネットワークインフラの信頼性やレイテンシを改善することである。極めて高い信頼性と低レイテンシが確保できれば、自動運転車や遠隔制御プロセス(遠隔のモバイルロボットなど)が、次世代ネットワークによって実現する新たなユースケースになると期待される

各ユースケースの相対的な重要性は国によって異なる。米国の通信事業者の多くは、強化モバイルブロードバンドの一環として固定ワイヤレスネットワークの価値を最大化することに重点を置いているが、ファイバーネットワークが既に幅広く展開されている日本では、その魅力は乏しい。日本の場合は、東京都心部など人口密度が高い地域を中心に容量とスピードの問題に対応するため、強化モバイルブロードバンドで容量を拡大することが特に重要となる。日本のユースケースの総価値については評価の途上ではあるが、その影響は社会全体に途方もない恩恵をもたらす可能性が高い。その一例は低電力広域(LPWA)などの技術を含むIoTであり、マッキンゼー・グローバル・インスティテュートでは、IoTの2025年の潜在的経済価値は4兆ドルから11兆ドルに達すると見ている¹⁵。

3.2 日本の産業と社会全体の競争力および将来の成功にとっての重要性

次世代ネットワークによる性能の改善とユースケースの増加は、通信セクターだけでなく、他の多くの産業や日本社会全体にとっても極めて重要である。日本の現在のインフラは申し分ないが、今後も第一線にとどまることができなければ、国内の産業が海外の競合に対して不利な立場に置かれることになりかねない。

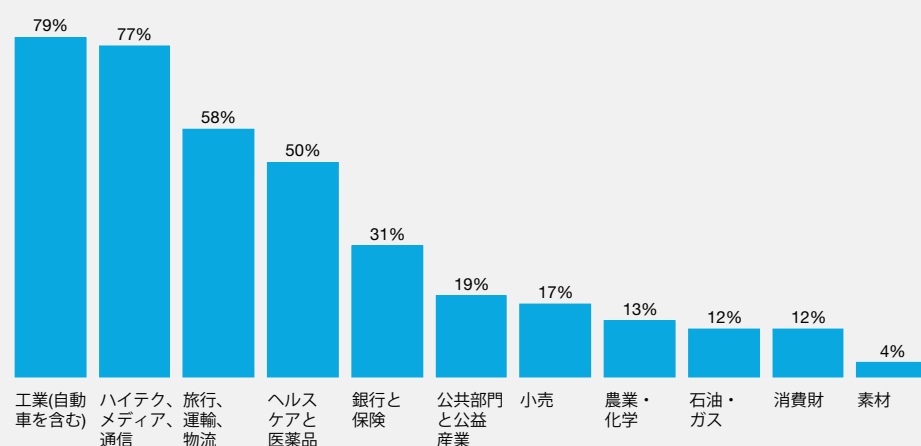
通信事業者にとって、データトラフィックの劇的な増加により容量不足は一段と深刻になることが予想されるが、新たなテクノロジーは容量不足を軽減すると期待される。前述した性能の改善により、事業者がエンドユーザーに提供するサービスの質も向上し、また B2B に適した追加のユースケースのおかげで新たな収益源も創出されることになる。

端末メーカーやネットワーク機器メーカーもまた、新技術の拡大を可能にするインフラの恩恵を受けることになる。iPhone やその他のスマートフォンは LTE ネットワークによりその成長に大きな弾みがついたが、5G は新たなユースケースに関連した同様のイノベーションを可能にするかもしれない。エレクトロニクスやエンジニアリング関連の日本企業もまた、将来の成長の新たな原動力を見出す可能性がある。

加えて、通信セクター以外の多くの産業の成功も、最前線にあるモバイルネットワークに左右される。企業がイノベーションで優位を保つためには、世界的に競争力のあるインフラを梃子に将来の製品・サービスを作り出すことが必要である。コネクティビティが社会に定着するにつれ、モバイルネットワークは産業プレーヤーが製品やサービスの基盤とする必須のインフラになる。5G による恩恵が大きいと考えられる自動車やロボットなどの産業にとっては、その意味合いは特に大きい(図表10)。日本は依然として自動車・ハイテク産業などからの付加価値への依存度が高く、その成功は日本の経済全体にも影響を及ぼす。

図表10: 主に自動車などの産業が5Gの恩恵を受けると予想される

n=52¹

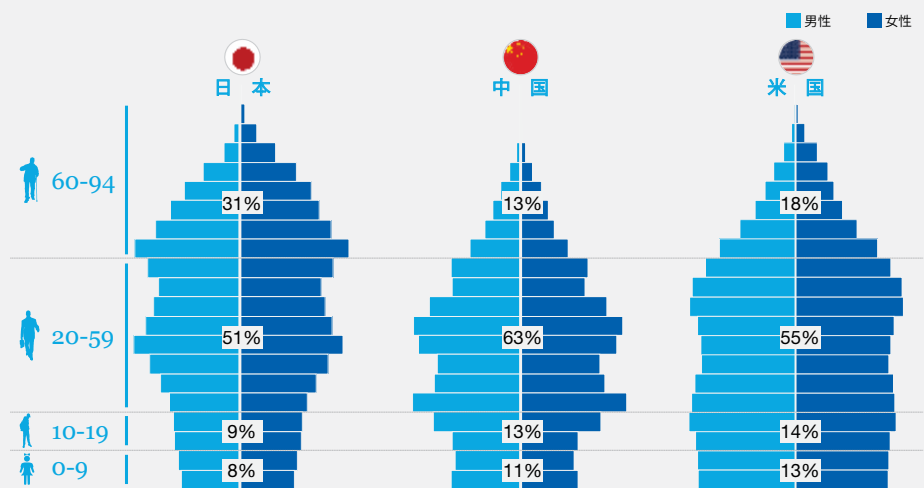


1 どの産業が5Gインフラの活用で最も恩恵を受けそうですか? 該当するものをすべて選んでください
資料: マッキンゼーが日本の通信業界幹部を対象に実施したサーベイ (2017年9月)

また、日本政府と社会全体にも多大なメリットがある。高齢化が進み人口構成が課題を抱える中で、日本がそれによる経済的な影響を軽減し、国民の生活の質を維持するための鍵を握るのは、公共サービスの生産性の向上と効率的な医療である。現在、日本では60歳以上の人口が全体の31%を占めるのに対し、中国では13%、米国では18%にとどまっている(図表11)。この切迫した状況に対応するうえで、次世代ネットワークにより可能となる技術はなくてはならないものである。特に医療・高齢者向けサービス分野で重要な要素となり得る。LPWAを通じてリアルタイムで健康状態をモニターするセンサー、遠隔操作のロボットを用いて地方病院で行う手術、家事の提供、高齢者に食品や薬を届けるロボットなど、用途は様々である。

図表11: 日本の高齢者の割合は他の国よりかなり高く、対応が必要

各年齢層が人口に占める割合



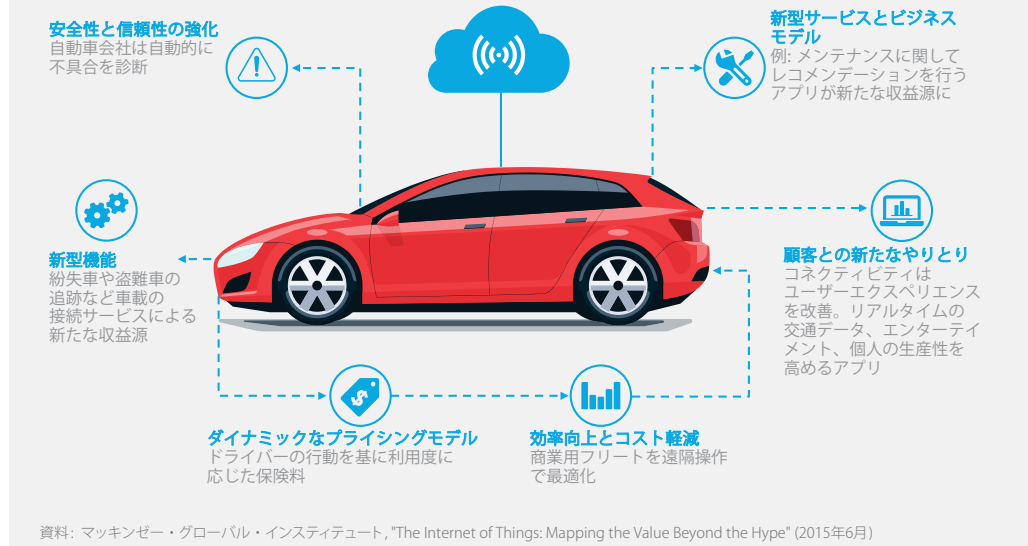
資料: 国連 - 人口動態と社会統計, 2006-2016, 利用できる直近年

さらに、教育や防災の面でも、政府と社会が享受する利益は大きい。極めて信頼性の高いネットワークインフラがあれば、災害警報の精度を高めて警報をよりタイムリーに発し、市民を安全な場所に誘導できる。教育も接続性の向上により改善できる分野だ。テレプレゼンスによる遠隔での協働作業、職業訓練や危険な環境をシミュレートするインタラクティブなツールとしてのARやVR、授業内容について教師にリアルタイムでフィードバックを提供して教室での授業を改善するIoTの応用、などが用途として考えられる。

ケーススタディ - 自動車産業

自動車産業は日本経済にとって特に重要なセクターである。輸出の16%を占め¹⁶、生産だけに限っても80万人以上が雇用されている¹⁷。GPS技術の進歩、自動運転、その他の機能の発展に伴い、コネクティビティは将来の自動車に不可欠なものになると予想される。ネットワークを活用した自動車が業界環境を大きく変容し、自動車メーカーに全く新たなビジネスモデルをもたらす可能性さえある(図表12)。コネクテッドカーが主流となる近未来においてもグローバルでの競争力を維持していくためには、自動車産業が強固な通信ネットワークで支えられることが不可欠である。

図表12: コネクテッドカーは新たなビジネスモデルをもたらす



一部の自動車は、例えば最速最短ルートの計算で既にモバイルネットワークを活用しているものの、依然として改善余地は大きい。自動運転と Condition Based Maintenance (CBM; 状態診断技術) による潜在的な経済価値の総額は2025年には2,100億~7,400億ドルに上ると推定されている¹⁸。この事業機会を捉えるために、既に多くの自動車メーカーと通信事業者が協力してコネクテッドカー用の機能を構築している。

5Gに関して期待されている主なユースケースのひとつは自動運転だが、これはマッキンゼーによる調査でもその重要度が確認された(図表13)。自動車メーカーは自動運転車の開発の途上段階にあるものの、大きな進歩を遂げており、既に人間が介入しなくてもかなりの時間の自動運転が可能である¹⁹。全自動の自動車が開発の最終段階に入るまでには、5Gの機能(ミッションクリティカルな信頼性や極めて低いレイテンシ)に最終的にどの程度依存するかが見えてくる。ネットワークを通じた自動車間のコミュニケーション、ナビゲーションやエンターテインメントシステム用データのダウンロードとアップロード両方において、モバイルネットワークに対する自動運転車の需要が増大し続けることは疑う余地はない。ドライバーが交通状態に目を光らせる時間が減少すれば、高品質のストリーミング用データの消費量も増加する可能性が高い。次世代ネットワークのもとでは、自動車など高速で移動する物体へのデータ送信も容易になると考えられる。

日本の自動車メーカーにとって、ネットワークがもたらす新技術を初期の段階で採り入れることが肝要である。自動車のコネクティビティやソフトウェアへの依存が強まるにつれて、ネットワークの影響はより大きくなり、またその規模が一層重要になる。例としては、機械学習を通じて機能を改善できる自動運転車などが挙げられる。大規模に事業展開を行う企業は、様々なシナリオを分析してユーザーのフィードバックを統合することで競争優位に立つことができる。大量のデータがあれば、自動車のソフトウェアは迅速かつ効果的に能力を高めることができるからである。

日本の自動車メーカーは世界市場で大きな存在感(2015年に400万台近くを輸出)を示しており、次世代車両がもたらす事業機会を捉えるうえで優位な立ち位置につけている²⁰。

図表13: コネクテッドカーが5Gのユースケースの中で最も有望視されている



11を「最も重要」として、次の5Gのユースケースを重要性の高い順にランク付けしてください
資料: マッキンゼーが日本の通信業界幹部を対象に実施したサーベイ(2017年9月)



協働ロボット²⁴、別名コボットは、人間の傍らで一緒に働くロボットである。

コボットは、例えば製品を組み立てる際に、人間から学び、人間とやり取りをする。ロボットが故障した場合に人間を守るための様々な安全策により、職場での協働が可能となる。

センサー、運動制御、人工知能などの技術の進歩により、多くの職場環境でコボットは有効な選択肢となっている。コボットの市場は拡大の兆しを見せており、安全性と性能の向上により、今後更なる成長に弾みがつくと予想されている。

ケーススタディII- ロボット産業

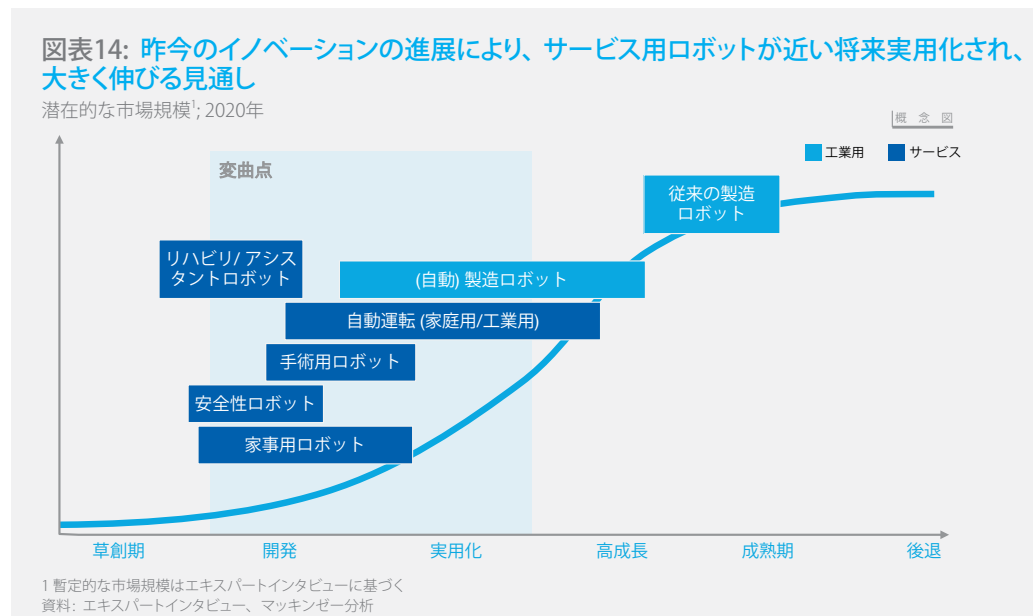
長年にわたり、「ロボット技術」と言えば日本のモノづくりの代名詞であった。日本の自動車メーカーや電機メーカーの多くが労働生産性を高める必要に迫られたことから、1980年代以降、産業用ロボットは工場や製造ラインに急速に普及した。産業用ロボットの普及は国内のロボット産業の成長を促し、現在安川電機とファナックが市場をリードしている。日本は世界のロボット技術の最前線を走り、2016年の輸出はほぼ27億ドル、世界の出荷量の52%を占めるまでになった²¹。

ロボット技術における日本のリーダーシップを実現・維持するうえで、これまで政府は重要な役割を果たしてきた。2015年には、日本をロボティクスの超大国にし、「データ主体の時代にロボットの集中的な活用で世界をリード」することを目指す、「ロボット革命」構想とアクションプランが政府により発表された²²。これには、他国に先駆けて、成熟した産業用生産機械タイプのロボットから、サービス産業用の新たな協働タイプのロボットに産業を移行することも含まれる(左記参照)。

こうした動きは、ロボット製品の輸出を拡大するだけでなく、労働力が大挙して定年退職に向かう中で、生産性を維持し高齢者を介護するためにも重要になる。現在の60～64歳の人口は0～4歳児の2倍近くに上り、日本は急激な人口動態の変化を経験する最初の先進国のひとつとなっている²³。新たなロボット技術は、こうした変化に対応し、国家経済への悪影響を緩和する主な手段のひとつである。

技術の進歩に伴い、産業での活用よりもサービスに重点を置いた新種のロボットが、大規模に利用される変曲点に近づいている(図表14)。将来これらのロボットの機動性と自律性が高まっていくにつれ、ワイヤレスの接続性が不可欠になる。具体的には、(自動運転車や遠隔操作のロボット、など)次世代の機動的なロボットを製作するうえで低レイテンシ、大容

量のデータ、そして非常に高い信頼性が必須となり、5Gは其中で中心的な役割を果たすことが期待される。



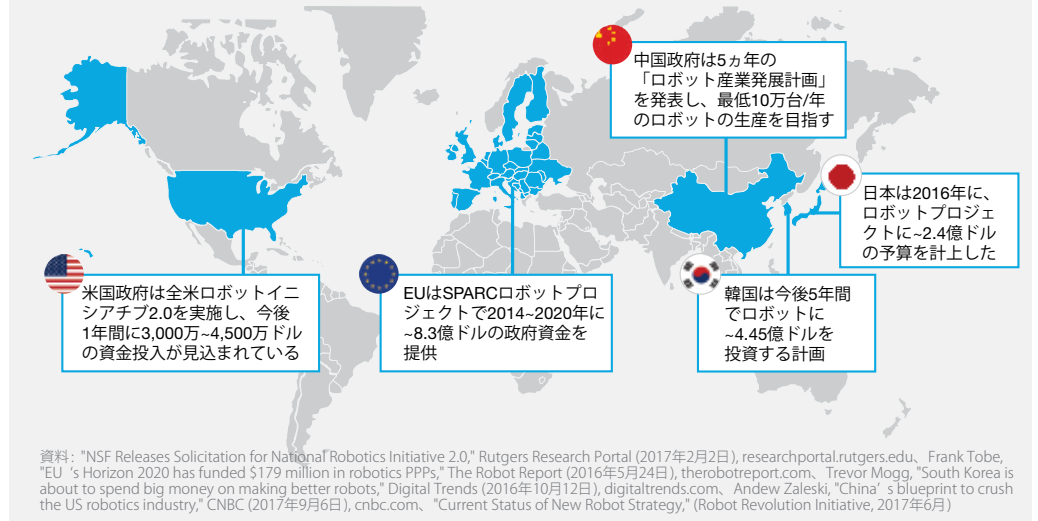
第1に、遠隔操作のロボットの主な要件のひとつとして、非常に低いレイテンシが挙げられる。インプットとアクションの間に、たとえわずかミリ秒の数十分の一の遅延があっても、ロボットの制御が非常に困難になるためである。これまでのLTEネットワークでは、非常に低いレイテンシを効果的に実現することができなかった。

第2に、大容量のデータトラフィックが発生する。機械学習能力を備えた自動ロボットでさえ、内部の画像処理や認識機能だけでは処理しきれない状況に陥ることから、当面はモバイルネットワークに頼ることが予想される。中央のサーバーにデータを送信したり、サーバーからデータを受信して能力を高めたりと、相互に学習する際にもかなりのデータトラフィックが発生する。画像認識への依存度が高まり画像の質も向上することから、高速のデータ通信がより一層不可欠になる。

最後に、モバイルネットワークに依存したロボットを活用して製品やサービスを提供するうえで、ネットワークのアップタイムが鍵を握るが、5Gによってそれは実現可能となる。この分野での進歩は、手術、ロボットの生産ライン、家庭など、ロボットが人間のすぐ近くに存在し人間と密に接する領域において特に重要になる。

ロボット技術をリードする国であり、質の高いモバイルネットワークインフラを備えた日本は、その経済的な野心を達成するうえで、他国よりも優位なポジションにある。しかしながら、他にも多くの国がロボット産業について壮大な目標を掲げながら日々進歩を遂げており、特に中国、欧州連合、米国、韓国の政府は積極的な投資を行っている(図表15)。

図表15: 政府のロボット政策が研究開発投資に拍車をかけている



総じて、次世代のモバイルネットワークは、前世代と同様、極めてポジティブな影響を経済と社会双方にもたらすと期待される。2Gが1Gの跡を継いだ当時、ショートメッセージサービス(SMS)が大きな収益源になることは予想されていなかった。同様に、3Gが2Gに取って代わった当初は、データ関連の機能がどのように収益化されるのか明らかではなかったし、3Gから4Gに移行したばかりの頃は、追加のデータ容量がなぜ必要かについて統一のコンセンサスは存在しなかった。振り返ってみると、需要は常に追加容量に見合うように増加し、結果的に多大な経済的恩恵に繋がっている。5Gも同様の展開になる可能性が高いと言える。



溜池新橋
Ryūike Shinbashi
品川
Shinagawa
芝浦
Shibaura

羽田まで
20分

品川

品川

品川

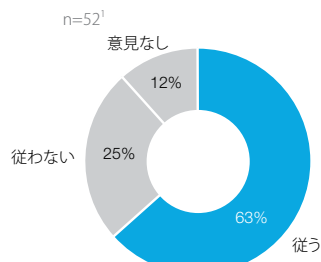
品川

4. 今後の道筋 – 日本はいかにリーダーシップを維持していくか

日本が5Gによる事業機会を捉えてグローバル市場におけるリーダーとして再興し、関連産業が次世代技術を生み出せる新たな基盤を築くためには、日本の通信事業者、端末・機器メーカー、政府、規制当局は以下の3つの戦略的課題を検討する必要がある。

1. **通信事業者は、世界最高水準の製品とサービスを基に次世代インフラと顧客向けサービスを早期に構築する必要がある。** 通信事業者は、世界標準のイノベーションやソリューションを活用しカスタマイズを極力抑えることで、新技術の導入までのリードタイムを短縮すると共に、ベンダーロックインを抑制し、費用対効果の高いソリューションをネットワーク全体に展開する必要がある。その際、世界標準を指向して調達能力を向上することがこのプロセスの一助となる
2. **国内の通信機器メーカーは、能動的に世界・国内のプレーヤーとの提携関係を築き、新たな成長の切り口を見つける必要がある。** ネットワーク機器・設備と端末メーカーは、自社の持つ強みを俯瞰・特定したうえで、自社の製品ポートフォリオを見直し、カスタマイズを抑え、より能動的な提携関係を築くことで、増大する開発コストを軽減させながら5Gの成長機会を活かす必要がある
3. **政府、規制当局は、通信事業者や通信機器メーカーと協働して新技術を採用し、日本の強みを持つ産業群の新製品・サービス創出を加速させる必要がある。** 政府・規制当局、また産業界も、次世代ネットワークを構築するプロセスの中で通信業界に積極的に関与することで、通信セクターはもとより、日本の産業群が世界規模でスケールアップできる新製品やサービスを生み出し、技術におけるリーダーシップを獲得できることを狙う必要がある

サーベイ3: 通信業界幹部の過半数が、日本がカスタマイズを抑えて世界の5G規格(3GPP)に従うと考えている



¹ 日本はカスタマイズを抑えて世界的な5Gの規格(3GPP)に従いそうですか?
資料: 日本の通信業界幹部を対象にマッキンゼーが実施したサーベイ(2017年9月)

4.1 通信事業者は、世界最高水準の製品とサービスを基に次世代インフラと顧客向けサービスを早期に構築する必要がある

グローバル規模でイノベーションが進む市場では、通信事業者は世界中から新製品やサービスを調達し、消費者に提供する必要がある。イノベーションは多発的に生まれ、ハードウェアからソフトウェアへのシフトによってそれはさらに加速し、ほんの数年で産業を完全に破壊し、競争環境を変容させる可能性がある。2011年の開始から3年でユーザーが4億人を超え、標準的なテキストメッセージに取って代わったLINEはまさにその典型である²⁵。一方、Nokia (Nokia Networksと混同しないこと)の携帯端末は2007年には市場をリードしていたが、その数年後にMicrosoftに売却された²⁶。コネクティビティがますます高まり市場の拡大が進む中では、世界中でより多くの製品やサービスが消費されることになる。このグローバルなエコシステムを活かしてコスト効率の高いインフラを構築するための要諦は、グローバル規格をにらみ、独自のカスタマイズを極力抑えることである。今後この傾向が日本においても加速することについては、既に比較的幅広くコンセンサスを得ており、実際に業界幹部の63%が、カスタマイズが抑えられた中で5Gが今後活用されていくと考えている(サーベイ3)。

世界の他の市場と規格面などで足並みをそろえていくメリットは多々存在するが、その実現に向けては通信事業者の動き方や組織について、以下の3点の変化が必要になってくる。

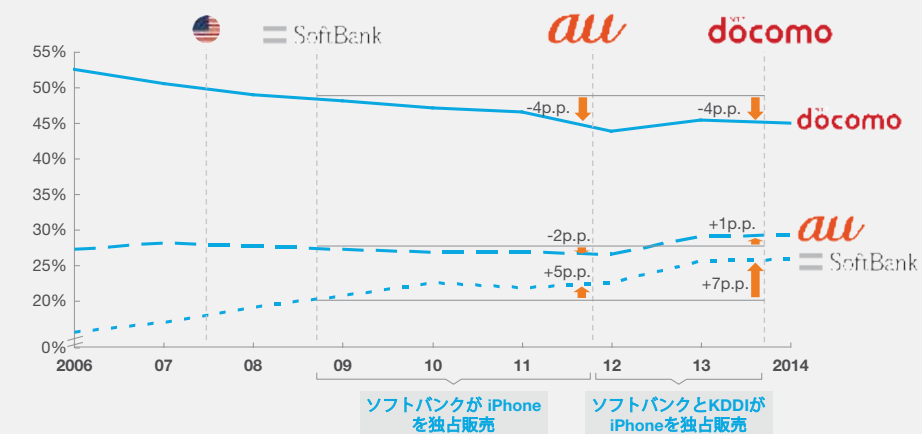
1. 新機能のローンチまでのリードタイムを短縮する
2. ベンダーロックインを抑えてネットワークのロードマップを柔軟にする
3. 費用対効果の高いソリューションを活用する

新機能のローンチまでのリードタイムを短縮する

競争優位を保ち、エンドユーザーに提供する製品やサービスを改良するためにも、通信事業者は新機能・テクノロジーのローンチまでの時間を短縮する必要がある。例えば、競合に先駆けてiPhoneを販売することで、ソフトバンクは急速に契約者を獲得することができた(図表16)。今後も日本で最新のイノベーションや機能を導入する通信事業者は、契約者と市場のシェアを獲得するうえで優位に立つことは間違いない。

図表16: iPhoneは日本の通信事業者の契約率に大きな影響を与えた

年当たりの契約者の割合¹; 日本



1 過去の契約者には買収企業の分が含まれる。KDDI (au) はソーカー、DOCOMOはNTT DOCOMO (PHS)、ソフトバンクはVodafone、Emobileを含む
資料: 過去の契約者のデータ、電気通信事業者協会 (TCA) (2017)、マッキンゼー分析



低電力広エリア(LPWA)は、例えば遠隔地で使用されるIoT用など、電力消費が少なくデータレートが低く、電池の寿命が長い低コストの無線通信である。ユースケースには、スマートユーティリティメータリング、スマートパーキングおよび環境モニタリングシステムが含まれる。

LPWAには競合する3つの技術が存在する。

1. **3GPP IoT**は、Cat-M1、NB-IoTなどの規格を備え、免許を受けたLTEの周波数帯を使用する。主に高価値かつクリティカルなユースケースに使用される²⁷
2. **Sigfox**は、免許不要の周波数帯を用いる独自ソリューションで、低コスト・低クリティカルなユースケースが対象となる²⁸
3. **LoRa**も免許不要の周波数帯を用いる独自ソリューションで、NB-IoTとSigfoxの中間のユースケースが対象となる²⁹

先陣を切ること自体が競争優位に繋がるような新たな領域は今後も出てくると考えられ、これは、拡張現実が次の大ヒットになる可能性のあるモバイル機器に限らず、付加価値サービスやネットワークの機能にも当てはまる。例えば、全国的なNB-IoTやミッションクリティカルな制御などの機能をローンチすることで、通信事業者は新規顧客とビジネス双方を開拓できる(左記参照)。

ベンダーロックインを抑えてネットワークのロードマップを柔軟にする

ロードマップを柔軟にし、ネットワークに新機能を素早く導入できるようにするために、通信事業者はベンダーロックインを抑える術を見出す必要がある。進化したネットワークでは、ユースケースが増加し新たなケーパビリティや技術的な知識が必要となるが、一つのベンダーがすべてに応えることは困難になっている。結果として、技術面でのリーダー企業が分野に応じて変わってくる可能性があり、柔軟性が重要になる。

ネットワーク機器の市場も統合が進んでおり、無線ネットワークの製品を提供する大手企業は一握りしか残っていない。プレーヤーの数が減るにつれて、ロックインを抑えて柔軟性を高めることがより一層重要になる。例えば、IoTを巡っては複数のソリューションが開発中であるが、ネットワークの進化のロードマップが柔軟であれば、通信事業者はCat-M1やNB-IoTなど、自社に最も適したソリューションを選ぶことができる。

費用対効果の高いソリューションを活用する

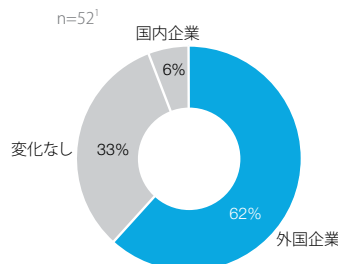
価格に比して高い性能効率を享受するためにも、世界標準になりつつあるイノベーションを活用することは重要になる。そのような製品はグローバル規模での利用を念頭に開発されているため、再利用の量が増える一方で研究開発の限界費用は低減する。その結果、独自仕様での開発と比べてコストを大幅に削減できる。

またそれと同時に、無数のイノベーションと機能の組み合わせにより、より一層の性能改善が可能となる。世界中のイノベーションのコミュニティを俯瞰しながら、事業者は価格と性能の点で最も魅力的な組み合わせを選び、ネットワークの性能をおろそかにすることなく、より費用対効果の高いソリューションを活用できる。

こうしたメリットを実現するには、通信事業者が調達機能のケーパビリティを強化することも必要である。製品とサービスの供給は増加し続ける反面、機器メーカーの相対的な競争優位はすぐに変わる可能性がある以上、事業者は絶えずサプライヤーの状況に目を光らせて評価し、その時々で最も適したサプライヤーを選ぶことが必要となる。

事業者が、カスタマイズされた設備やソフトウェアの使用を抑えて既製の製品を用いれば、研究開発コストと設備投資の両方を低減することが可能である。日本の通信事業者の売上げに対する設備投資比率が15～20%なのに対して、2001年にCDMAネットワークのカスタマイズを減らした韓国の事業者は10～15%であることを例として挙げておく³⁰。

サーベイ4: 通信業界幹部の過半数が、外国のネットワーク機器メーカーがシェアを獲得する可能性が高いと考えている



¹ ネットワーク会社の競争環境が変化することで、どの企業がシェアを獲得する可能性が高いですか？
資料: 日本の通信業界幹部を対象にマッキンゼーが実施したサーベイ(2017年9月)

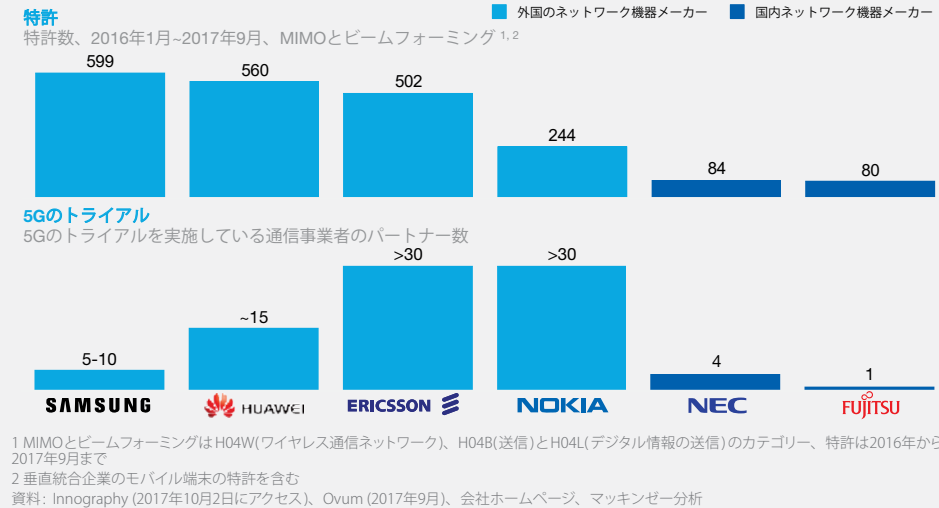
4.2 国内の通信機器メーカーは、能動的に世界・国内のプレーヤーとの提携関係を築き、新たな成長の切り口を見つける必要がある

近年、日本において、海外のネットワーク機器・端末メーカーの新製品やサービスのシェアが拡大している。iPhoneなどの端末や、ツイッターやインスタグラムなどのサービスを通じてエンドユーザーは競争の恩恵を受けたが、日本の端末メーカーは急速に市場シェアを失った³¹。国内の機器メーカーの市場シェアも小さく、弊社のサーベイによると、通信業界の幹部は国内機器メーカーが将来にわたって市場シェアを失う可能性が高いと考えており、世界との競争で生き残るには立て直しを図る必要があることを示唆している(サーベイ4)。メーカーがポートフォリオを見直し、カスタマイズを抑え、提携関係を探れば、日本だけでなく世界でも成長分野を見出す機会は存在する。

日本の機器メーカーは、現在、規模の面で大きく見劣りしている。将来的にさらに市場シェアを失えば、マッシュプ MIMO (マッシュプマイモ)、ミリ波、ビームフォーミングネットワーク技術など、今後のネットワークの進化に寄与するソリューションのための開発資金の継続的確保はより一層難しくなる。ワイヤレス無線の5G技術の特許数が示すように、世界の競合は既にR&Dの面で日本企業を上回っている(図表17)。Ericsson、Nokia Networks、Huaweiをはじめとするグローバルの機器メーカーは5Gにおいて野心的なシェア目標を掲げており、既に世界各地で5Gの実験を行っている。

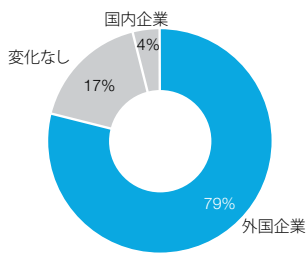
開発競争における成功は、投資資本の多寡だけでなく、市場へのアクセスや世界の通信事業者との関係にも左右される。日本の機器メーカーのほとんどは国内での事業確保を重視しており、生き残るためにはビジネスのあり方を大幅に変更せざるを得ないと言える。

図表17: グローバルなサプライヤーは5Gの主要技術の特許と5Gのトライアルの数で国内企業を上回っている



サーベイ5: 通信業界幹部の大半は世界の携帯端末メーカーがシェアを獲得すると考えている

n=52¹

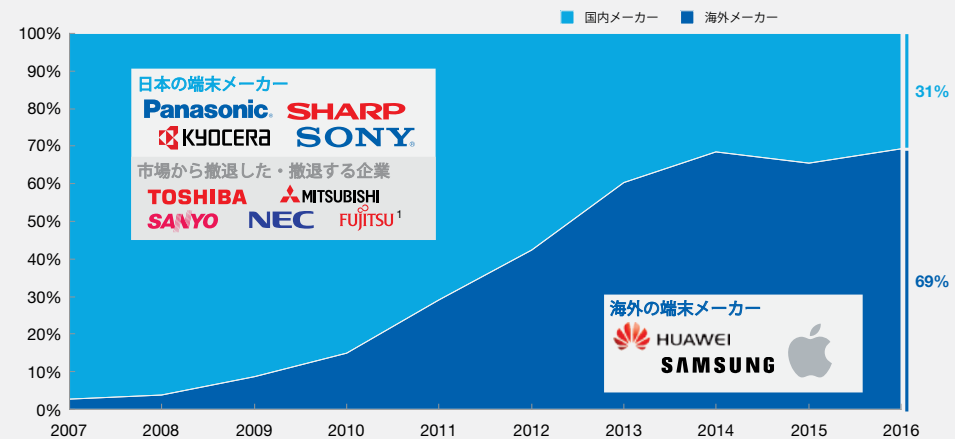


1 ネットワーク会社の競争環境が変化するにつれて、どの企業がシェアを獲得する可能性が高いですか?
資料: 日本の通信業界幹部を対象にマッキンゼーが実施したサーベイ (2017年9月)

携帯端末メーカーもまた外国企業との熾烈な競争に直面しており、サーベイの回答者の大半は、国内企業が今後も外国企業にシェアを奪われると考えている(サーベイ5)。AppleのiOSやGoogleのAndroid OSなどの総合的なシステムによるプラットフォーム効果が高まるにつれ、規模の重要性はより一層増してくる。その一方で、日本のメーカーの大半は国内市場に注力し、AppleやSamsungなどの業界リーダーに伍するというよりも、少ないシェアを分け合う状況に陥っている(図表18)。

図表18: 海外端末メーカーが日本市場を完全に変容させた

日本におけるメーカー別携帯端末の売上高; %; 市場に占める割合; 日本



1 2017年に入って富士通は携帯端末事業からの撤退を発表した
資料: IDC quarterly mobile phone tracker - final historical (2017年第3四半期)、"Fujitsu putting mobile phone business on the block," Nikkei Asian Review (2017年8月22日), asia.nikkei.com

グローバルな競争の中で事業を再構築するために、メーカーは主に3つの対策を検討する必要がある。

1. ポートフォリオを見直し、技術革新領域を絞り込んだうえで採算性の高い事業に変えていく
2. カスタマイズを抑え、ソリューションの再利用を増やして規模を拡大する
3. より能動的に提携関係を築くことで、不足しているポートフォリオを補完する

ポートフォリオを見直し、技術革新領域を絞り込んだうえで採算性の高い事業に変えていく

国内の端末・機器メーカーが世界的な企業と競争するためには、有意なシェアの獲得が引き続き見込まれる製品やサービスにポートフォリオの重点を再設定する必要がある。例えば、システムインテグレーションなど、既に優位性を持つ領域、あるいは、新しいユースケースが出つつあるもののまだ製品が開発されておらず、優位性を持つプレイヤーが登場していない領域、などが挙げられる。近年の業界の変遷は、(Apple、Samsungなどの)新興企業が市場を素早く席巻する一方で、(Nokiaの携帯端末、Motorola、HTCなど)既存プレイヤーがあつという間に姿を消すことがあり得ることを物語っている。

次世代ネットワークの世界では、端末メーカーは端末だけにこだわるよりも、既に自社が参入しており、かつ今後3～7年で世界トップ3につくことが現実的に可能な分野での研究開発に注力すべきである。さらに、拡張現実、仮想現実、スマートホームなど、新たなネットワークインフラによって実現し、将来的に成長の原動力になる可能性がある事業機会を探求すべきである。どのユースケースが最大の価値を生み出すかは定かではないものの、新たなネットワークインフラにおける技術革新が予想されているだけに、例えば、拡張現実の大規模開発の機は熟したと言える(下記参照)。

拡張現実 (AR) が次の大ヒットになる可能性



ARの技術は既にモバイル端末の領域に進出し始めている。電話の動画機能を用いてリアルタイムで写真を重ねるアプリが続々誕生しており、何らかの形で情報を加えたり調節をしたりしている。最も有名な例は2016年にリリースされ2017年4月時点で6,500万人を超えるアクティブユーザーを抱えるポケモンGOであろう³²。もうひとつはGoogle translateである。2017年9月に発表されたAppleの最新OSであるiOS11は、ARKitテクノロジーを用いたAR能力を提供する。このキットを用いれば、開発者はiPhone用にARサービスを制作でき、既にIKEAなどの企業はこのプラットフォームを用いてアプリを発表している³³。

ARを使用するデバイスは電話だけではない。多くの企業がARをアイウェアに採り入れる実験を試みており、GoogleのGlass、MicrosoftのHoloLensはその一例である。ARが主流とは言えずとも、ニッチに活用されている例は数多い。例えばそのひとつは倉庫ロジスティクスで見られ、AR技術を用いて集荷器が物品の正確な場所を把握・特定している。ネットワークインフラの進歩により、AR技術が大規模な事業機会を創出する分野は今後増えていくだろう。

カスタマイズを抑え、ソリューションの再利用を増やして規模を拡大する

通信機器・端末メーカーが研究開発資金を捻出するには規模が不可欠であり、それにはカスタマイズを抑える必要がある。世界の競合は国内企業よりもはるかに多くの顧客に開発コストを負担させることができるため、規模の点で大いに有利である。

ソリューションの再利用に注力すれば規模の実現は容易になる。歴史的に、日本の端末メーカーは、日本市場(あるいは各通信事業者別)と海外市場向けに並行して製品ラインを持ち続けていたため、規模の経済の実現と成長する力が抑えられてきた。

ネットワーク設備に関しても同じ状況が見られ、機器メーカーが日本の通信事業者の特定のニーズに合わせて製品をカスタマイズすることが一般的であった。今後の市場変化に適応していくためには、総合的な製品ロードマップにそれらを統合して汎用品のポートフォリオをより強力なものにしていかなければならない。

より能動的に提携関係を築くことで、不足しているポートフォリオを補完する

ポートフォリオにおいて選択と集中を行ってカスタマイズを抑えれば、メーカーが採算性を高めることは可能である。しかし、ユーザーに対して存在感を示し、ユーザー側の研究開発投資に応えるためには、他社と提携関係を結ぶかM&Aを検討する必要があるだろう。パートナーシップや合併事業を通じて協働すれば、日本企業は規模を拡大して世界的な競争の中で立場を強化すると共に、幅広い製品を提供しながら研究開発のリソースを成長分野に重点的に配分できる。

国内のネットワーク機器メーカーは、自社だけでは5Gに必要な研究開発リソースを捻出できず、世界的な競争の中で競争力のある技術までも陳腐化させてしまうおそれがある。生き残りのためには、世界の同業他社と提携関係を結び、製品ポートフォリオを拡大しつつ、国内市場に関する知見をパートナーに提供すべきである。

5G開発は既に進行しており、転機が迫っている。4Gと5Gの連系の必要性が機器メーカーにさらに負担を強いることになる。国内に関する知見と顧客との密接な関係を武器にソリューションを共同開発すれば、国内の機器メーカーは、グローバルのプレーヤーと提携関係を結びつつ、存在感を保ちながら日本に研究開発拠点を維持する方法を見出せるかもしれない。Nokiaとパナソニックのネットワーク分野での提携関係とその後の買収は、こうした提携関係の一例と言える³⁴。

4.3 政府、規制当局は、通信事業者や通信機器メーカーと協働して新技術を採り入れ、日本の強みを持つ産業群の新製品・サービス創出を加速させる必要がある

自動車・ハイテク産業などグローバルに競争力を持つ産業は日本経済の要である。これらの産業を支援するために、通信事業者、政府、規制当局は一丸となってモバイルインフラ強化の加速に取り組み、世界に後れを取らないようにしなければならない。

さらに、活用されているネットワークインフラが本当の意味で競争力の源泉となるよう、関連産業と通信事業者との関係がさらに強化されるべきである。政府や規制当局などのステークホルダーもそこに加わり、輸出企業の競争力を高めるためのネットワーク設計を優先するように積極的な役割を果たすべきである。

産業、通信事業者、幅広いステークホルダー間のパートナーシップの強化に重点が移行していく中で、各プレーヤーは下記について検討する必要があると言える。

1. 産業界のリーダーは、通信事業者と協力して、次世代ネットワークが目的に適っているかを確認する必要がある
2. 政府は、次世代ネットワークを戦略的優先事項とすべきである
3. 規制当局は、イノベーションの早期導入を可能にすべきである

産業界のリーダーは、通信事業者と協力して、次世代ネットワークが目的に揃っているかを確認する必要がある

次世代ネットワークをイノベーションの根幹にするために、産業界のリーダーは将来のインフラ計画と整備に積極的に関与し、どの機能や技術要件に重点を置くべきか通信事業者が理解する手助けをする必要がある。例えば、自動運転車が広域LTEと都市部の5Gのネットワークを移動する際には、5GとLTEのシームレスな相互運用性が不可欠になるだろう。

このような協働関係は関連産業に恩恵をもたらす、また関連産業との協力を注力すればB2Bの収益機会を伸ばすことができるなど、通信事業者を後押しすることになる。こと5Gに関しては、新技術が産業プレーヤーに莫大な経済価値の源泉をもたらすが故に、この関係が極めて肝要である。通信事業者は協働関係を強化することで、この価値の一部を享受することができるはずである。

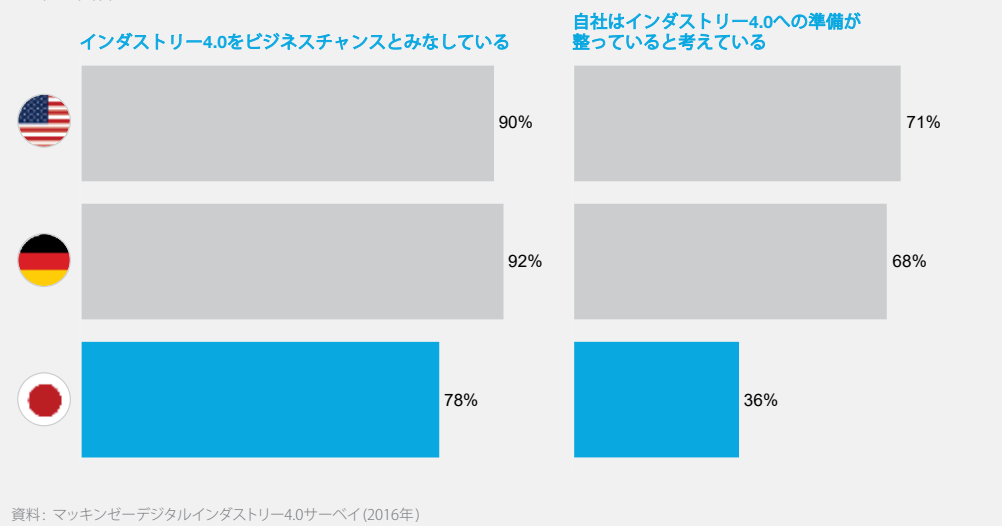
インダストリー4.0³⁵は、製造業におけるデジタル化の次の段階と定義されており、それは以下の4つのディスラプション(破壊的な変化)が牽引すると考えられている。

1. **ビッグデータ**: データ量、コンピュータのデータ処理能力、IoTによるコネクティビティの飛躍的成長
2. **先進アナリティクス**: アナリティクスおよびビジネスインテリジェンス・ケーパビリティの拡大
3. **ヒューマンマシン・インターフェイス**: 人と機械の新しい関わり方・インタラクションの登場(タッチインターフェイスやARシステムなど)
4. **デジタルからフィジカルへの移行**: デジタルによる入力・出力を実際の世界に活用するための技術。先進ロボティクスや3D印刷など

IoTをはじめとするインダストリー4.0を見ると(左記参照)、日本の産業には大きな機会が存在するが、日本企業は、この機会を捉えるための準備が整っていない(図表19)。その一方で、ドイツと米国ははるかに鼻息が荒い。しかし、ネットワークの進化のプロセスに積極的に参加することで、国内企業は未来のイノベーションとソリューションの開発に向け有効な切り口を埋め込むことができる。

図表19: 日本企業はインダストリー4.0とIoTに取り組む準備が整っていないと考えていない

300社の回答



政府は、次世代ネットワークを戦略的優先事項とすべきである

輸出産業は日本にとって極めて重要であり、自動車産業に限っても、2016年の純輸出額は1,310億ドルに上っている³⁶。輸出産業にとってコネクティビティの重要性が増していく中で、政府は世界をリードする次世代ネットワークを戦略的優先課題とする必要がある。新たな通信インフラは、単なる経済効果に加え、例えば農村部の病院での手術のサポート、犯罪防止のための監視、災害警報、教育など社会的に多大なメリットをもたらす。

ソサエティ5.0³⁷は、新テクノロジーを用いて経済と社会を変革する方法についての展望として、日本が2016年に打ち出したコンセプトである。

ロボット、コネクテッドセンサーの普及、データの蓄積、人工知能の発達により、「スーパースマート」な社会が実現し、個人に重点を置いた新たな経済と社会をもたらす。ソサエティ5.0は、具体的に以下の3つの改善領域を打ち出している。

1. **個人の改革**: 高齢者を含め、国民が安全、安心、健康な生活を送れるようにする
2. **企業の改革**: デジタル化とビジネスモデルの改革を通じて生産性を高める
3. **社会問題の解決**: 海外への拡大、新たなビジネスやサービスを通じて人口の高齢化、自然災害などの社会問題を解決する

日本は、「ソサエティ5.0」のコンセプトを通じてデジタル化がはらむ可能性を打ち出した(左記参照)。日本は、インダストリー4.0を活かして、デジタル技術に加え、家電、センサー、モバイル機器などのデバイスからのデータを活用して人口の高齢化に対応できるスマートな社会をつくることを目指している。このコンセプトを実現するには、政府と産業との協力が必須である。

政府が新たなインフラの開発を支援する方法はいくつもある。例えば、ネットワークの規格は2019年まで最終化されず、その後インフラの敷設は何年にもわたって行われるため、政府が長期的に研究を支援することのメリットは大きい³⁸。ユースケースは依然として試行錯誤が続いており、中には重要なインフラの運用に大きなインパクトをもたらすものも出てくるだろう。研究開発により一層注力することで、日本は通信におけるケーパビリティを維持し、技術的なリーダーシップを保つことができる。

規制当局は、イノベーションの早期導入を可能にすべきである

特定の目的のためにインフラを作りイノベーションを加速させる際には、規制当局がもうひとつの重要なステークホルダーとなる。これはネットワークインフラの構築においても例外ではない。将来のネットワークインフラは、まだ割り当てられていない新たな周波数帯を使用することで、産業を一変させる可能性のあるユースケースを実現可能にするからである。規制当局は、通信事業者、通信機器メーカー、関連産業のステークホルダーと協力することで障害を取り除き、通信事業者や機器メーカーによる5Gの早期展開を可能にできる。

周波数の割り当ては5Gにとって重要な分野であり、規制当局が中心的な役割を果たす。モバイルネットワークの性能と世界との相互接続性は、周波数帯の割り当てに左右される。5Gについては、様々なユースケースに不可欠なスピードとカバレッジを実現するために、主に3つの周波数帯が必要となる³⁹。

- 1GHz未満: 広いカバレッジとIoTのユースケースを実現する
- 1GHz～6GHz: 都市部に適したスピードとカバレッジのバランスをとる
- 6GHz以上: 範囲は限られるが、超高速のブロードバンドスピードを実現する

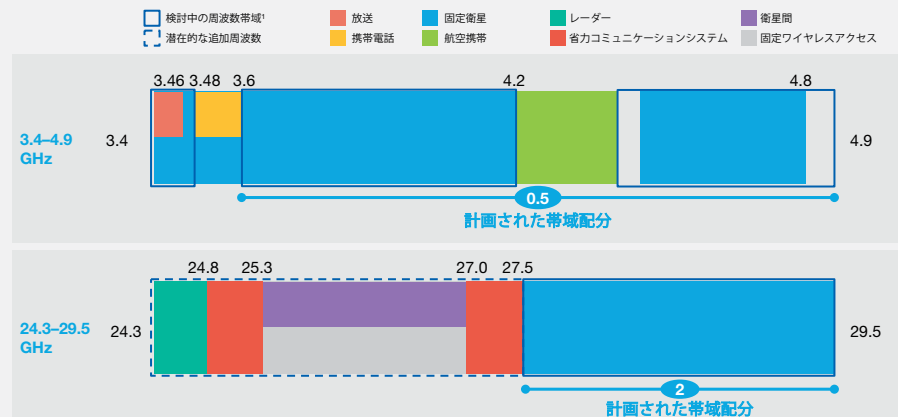
1GHz未満の低い周波数を中心に、有用な周波数帯のほとんどは既に世界中で様々な技術に割り当てられている。世界中でできるだけ密な標準化を実現しようとしている時に、並行してモバイルネットワーク用に追加周波数の割り当てを行うのは困難なプロセスである。規制当局としては、5Gの周波数帯が通信事業者のニーズに応えると同時に、国際電気通信連合(ITU)が定める国際規格とできるだけ調和するようにしなければならない。

1GHz未満の周波数帯はまだ5Gに割り当てられておらず、現在はLTEに使用されているが、将来はこの周波数帯を5Gに利用することも可能である。良好なカバレッジと高い性能を確保するためには、周波数帯が将来のデータトラフィックの増加にも対応できるだけの幅を持つことも必要である。規制当局は、この帯域において十分な周波数を利用できるようにすることで通信事業者を後押しできる。高周波数帯については、日本は、1GHz～6GHzは合計500MHz、6GHz以上は2GHzの割り当てを検討している。検討中の周波数は、現在、電波天文学、レーダー、放送、衛星通信など他の無線システムで使用されており、重要性が低い他の技術から周波数の多くを融通する必要がある(図表20)。設備メーカーが新たな機器や設備を開発するには時間がかかるため、規制当局はこれを実現する方法について、できるだけ早期に明確な計画を打ち出すべきである。また、通信事業者に対しては、できる限りの高性能を実現するために、規制当局は分割されていない大規模な継続周波数帯を割り当てる必要がある。最近の計画によれば、規制当局がこの取り組みを加速させ、周波数の割り当てではなく、他国ではより一般

的に見られる入札形式へと移行しつつあることを示している。そうなれば、日本市場に第4の通信事業者が参入する機会が生じる(囲み記事参照)。

図表20: 現在、5G用に検討されている帯域を様々な技術が使用している

日本における周波数帯域候補の現在の使用¹⁾; GHz



¹ EUと互換性がある40.5GHz~43.5GHz、米国と互換性がある37GHz~40GHzの高周波数帯域も検討中
資料: エキスパートインタビュー、周波数の図と割り当て、総務省(2017年6月), tele.soumu.go.jp

産業界がイノベーションを加速するために規制当局が果たせるもうひとつの重要な役目は、新たなユースケースを後押しするような法規制を推進することである。例えば、ドイツでは、自動車産業が新製品を開発し生産できるよう、規制当局と政府が自動運転車を合法化している⁴⁰。このような実例は日本にとっても無縁ではなく、ロボット産業など、新たなユースケースや製品をできるだけ早く実用化するために規制の調整が必要な分野にも当てはまる。

既存の通信事業者は劣化する収益性に対するコスト削減が至上命題に

周波数オークションの導入

日本は今日に至るまで周波数を割り当てる手段として周波数オークションを実施した実績がなく、OECD加盟国35カ国の中で周波数オークションを実施していない唯一の国である⁴¹。しかし、過去20年間にわたって、周波数の利用権を競争入札で決める方式がグローバルスタンダードとなっている。その目的としては以下が挙げられる。

- 最も経済的かつ生産的に使用できる事業者に周波数を分配する
- 無線周波数のような有限希少な資源を、国民が公平に利用できることを保証する

現在、総務省では周波数再編の実施方針を大幅に見直しており、その結果を2018年4月に公表し、その一環として2019年には3.7GHz帯およびミリ波帯の割当てを行う予定である。周波数の割当制度がどのように進化するかを予測することは難しいが、審査基準を明確にし、価格競争の要素を取り入れることが明らかになっている。

日本が一般的な価格ベースの入札に向けてどの程度舵を切り、周波数の料金設定においてカバレッジ義務と事業目標がどの程度考慮されるかは不透明である。しかし、ここで明確なのは、今まで無料で手に入れていたものが有料になるかもしれない未来に向けて、日本の通信事業者が備えなければならないということである。

第4の参入企業の可能性

日本の携帯電話市場では、大手3社の寡占状態が続いている。これらに取って代わる代替通信ネットワークを構築する動きも見られたが、長期にわたって市場ダイナミクスに影響を及ぼすまでには至っていない。

しかし、2019年3月の1.7GHz帯および3.4GHz帯の電波の割当てにより、この寡占状態に風穴が開く可能性がある。総務省が示した方針によると、新規参入事業者に対してはわずかながら優遇措置が適用される(カバレッジ目標などの審査基準で競合した場合は新規参入事業者に優先的に割当て)⁴²。eコマース大手であり、日本最大の仮想移動体通信事業者(MVNO)でもある楽天は、これらの周波数帯を取得し、移動体通信事業者(MNO)を目指すことを表明している⁴³。

参入事業者が持つ力の大きさは市場によって大きく異なり、多くの場合、そのシェアは伸び悩み(例: スペイン)、参入から5年後も5%以下のシェアにとどまっている⁴⁴。一方で、場合によってはポーランドやフランスのように、新規事業者が市場に破壊的な影響を与え、15%以上のシェアを獲得し、確固たるポジションを築くこともある⁴⁵。ただし、追加ネットワークの導入はほとんど例外なく価格の低下を招いており、フランスなど最も極端なケースでは、導入から5年で市場のARPUは50%も低下した⁴⁶。

最終的に、日本の携帯電話市場への新規参入事業者がどのような影響を及ぼすかはいくつかの要素によって変わってくる。ただし、既存事業者にとっての懸念材料としては次の2つが挙げられる。

- **技術の普及:** 4G対応の端末の普及は、新規参入企業が現行のMNOと全国規模のローミングの仕組みを築かなくても、4G限定のVoIPネットワーク(インドのJioなど)⁴⁷を運営できることを意味する。この結果、サービス提供可能な市場の範囲が拡大して実質的なコスト優位につながり、それに対応する損益分岐点が下がる可能性がある
- **現在の価格水準:** 日本は世界でモバイル通信の価格が最も高い部類に属し、ARPUは西ヨーロッパの平均の2倍近くにのぼっている⁴⁸

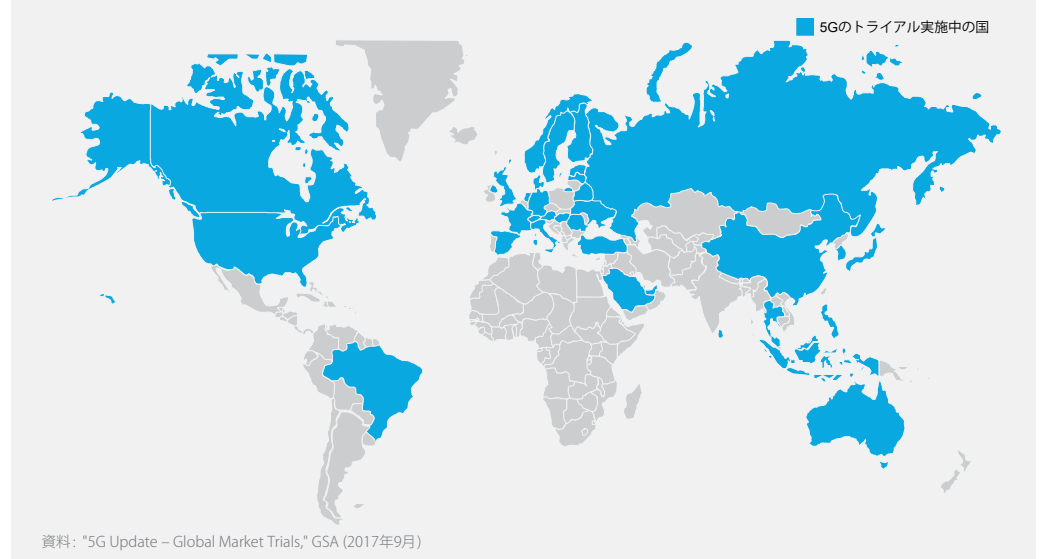
今後、周波数の割当てを受けるために「市場価格」を払うことになることや、第4の事業者の参入によりARPUが大幅に減少するリスクを考慮すると、株主に対してこれまでと同水準の配当を継続するためには、数年以内に日本の通信事業者は積極的なコスト削減(特にネットワークコスト)に取り組まなければならない状況に直面するだろう。



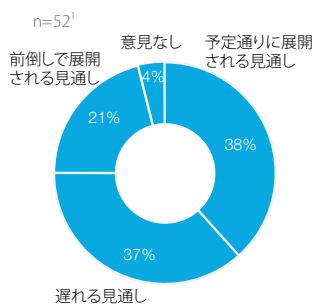
5. 未来への展望 – 日本はなぜ移行を加速する必要があるのか

現時点で、既に40カ国以上の通信事業者が5Gのテストの様々な段階に達している(図表21)。日本企業も5Gの展開に450億ドル以上を投資することを約束し、2020年のオリンピック、パラリンピックまでに導入する計画である。しかし、先行者利益を直接・間接的に手に入れるためには、日本はもっと機敏に動く必要がある⁴⁹。

図表21: 通信事業者が、5G技術の実証、テスト、トライアルを行っている国



サーベイ6: 5Gを展開する時期
については意見が分かれている



1 発表された2020年の5G展開に関して、どのようなシナリオが想定されますか？
資料：日本の通信業界幹部を対象にマッキンゼーが実施したサーベイ(2017年9月)

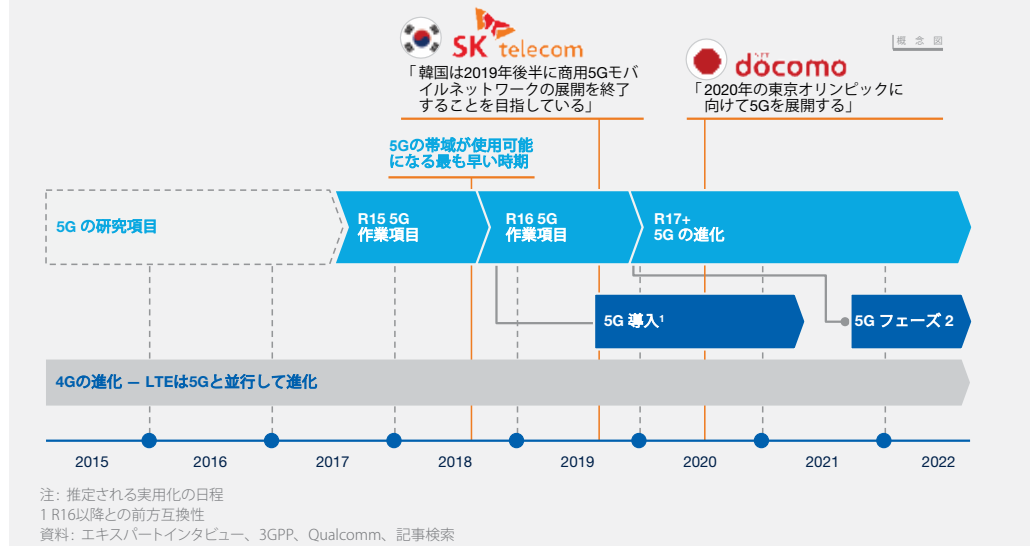
現在の計画によれば、日本は新型ネットワークを展開する世界初の国のひとつになるだろう。しかし、韓国は、日本より丸1年早い2019年に実用化する可能性があり(図表22)、中国は、2025年までに5Gで4億回以上への接続を達成することを目指して2020年からの大規模な展開を計画している⁵⁰。一方で、5Gが予定通り展開されるかについては、日本の通信業界の幹部の意見は分かれている(サーベイ6)。日本は中国と韓国に対する競争力をこれ以上低下させることのないよう、4Gから5Gへの迅速な移行を成功させる必要がある。

産業、エンドユーザー、通信事業者への直接のメリット

次世代ネットワークを早期に展開し相互運用性を確実にする国は、企業が新製品を開発しテストするのに必要な強力なプラットフォームを築くことになり、世界市場に早期に参入する機会をもたらす。

まさにスピードが物を言う。2001年に3Gが導入された時、日本はFreedom of Mobile Multimedia Access (FOMA)規格を使用した⁵¹が、これは広く使用されていたUniversal Mobile Telecommunications System (UMTS)のプロトコルとは完全には互換性がなく、携帯端末との完全な互換性を実現するのに3年かかった。一方、韓国は、普及率が高く米国などの国々と互換性があるCDMA2000で商用ネットワークを展開できた。その結果、SamsungやLG Electronicsといった企業は、世界に拡販できる魅力的な端末を開発するに至ったのである。

図表22: 韓国は、日本より1年早く商用5Gを展開する可能性が高い



日本が国際規格を採用すれば、次世代ネットワークは産業に多くの恩恵をもたらすだろう。さらに、エンドユーザーは、高速での接続、大容量、高い信頼性を享受し、健康状態のモニタリングや自動運転車などの分野で新たな用途が期待される。また、導入を加速すれば、通信事業者はネットワークの混雑を迅速に解消でき、追加されるデータ容量当たりのコストが下がるために利益率も向上すると期待される。

日本社会全体への間接的メリット

5Gの展開で先制すれば、社会にも幅広く恩恵をもたらす。大幅に進化したインフラは起業家や企業が新型ベンチャーやビジネスモデルを開発する基盤となり、成長を生み出すだろう。

前世代のネットワークでは、中国がLTEに巨額の投資を行った結果、月間のアクティブなモバイルユーザーが5億人を超え、今や世界で最も価値あるテクノロジー企業のひとつに成長したAlibabaのような企業の設立とスケールアップにつながった⁵²。米国はもうひとつの好例であり、米国はインターネットの発明と商業化の恩恵を受けてイノベーションの文化を築き、それがFacebook、Amazon、Netflix、Googleなど、世界で最も急成長し利益率の高い企業の誕生につながった。

日本は1980年代に新技術を取り入れてモバイル通信でリーダーシップをとり、以来、ネットワーク機器メーカー、携帯端末メーカー、モバイル通信事業者をはじめ成功を収める通信企業が続出した。ネットワークの進化を受け入れ、本稿にて論じた原則に従えば、日本がモバイル通信におけるリーダーシップを維持継続し、競争力のある産業の進化を後押しすると共に、社会全体に恩恵をもたらすイノベーションをより加速化させていくことが可能になる。

しかし、時間は限られている。早期に展開すれば先行者利益を享受できる一方で、行動が遅れば他国に出し抜かれ、日本は取り残されてしまう可能性もある。

用語集

3GPP	3rd Generation Partnership Project。携帯通信の標準仕様を策定し維持するための各国の通信標準化団体による共同プロジェクト
4G	第4世代ネットワーク
5G	第5世代ネットワーク。現在の4GやIMTアドバンスド規格を超える次の通信規格
AR	Augmented Reality (拡張現実)。ユーザーが見ている現実世界にコンピュータが生成した画像を重ねて表示する技術
ARPU	ユーザー当たり平均収益
Beamforming	ビームフォーミングまたは空間フィルタリング。所定方向に電波を送受信するためにセンサーアレイに使用される電波処理テクニック
CatM1	NB-IoTと競合している規格で、セルラー通信帯域を用いて幅広いデバイスやサービスの接続を可能にする
CDMA 2000	日本、欧州、中国で利用されているUMTSと競合する第3世代方式
Churn	所与の期間にサービス契約を解約した契約者の割合
Cobot/ Collaborative robot	作業する場を共有し人と物理的に接するロボット
Coordinated multipoint	協調マルチポイントまたは協調MIMO。セル端におけるユーザーデータレートと周波数の効率を向上させる先端技術
Core	通信網のバックボーンすなわち中核部分であり、ネットワークの様々なノードを相互接続する基幹部分
CSPs	Communications service providers (通信サービスプロバイダー)
Evolved network	LTEアドバンスドを含めたLTEから5Gへの進化とIoTなどのモバイルネットワーク技術を伴う技術
FCC	Federal Communications Commission (連邦通信委員会)
FOMA	Freedom of Mobile Multimedia Access。NTT DoCoMoが提供するW-CDMAをベースにした第3世代の携帯電話サービス
GSM	Global System for Mobile。第2世代移動通信用に開発された規格
i-mode	パケット交換を活用して携帯機器のインターネットへの接続を可能にする技術
IoT	Internet of Things (モノのインターネット)。インターネットに接続し、人と人、人とコンピュータのやりとりなしでネットワークを通じてデータを送受信できる機器を意味する
ITU	International Telecommunication Union (国際電気通信連合)。世界における無線周波数の共同利用を調整し世界全体の技術標準の開発と調整を支援する組織
Latency	データ送信の遅延時間
LPWA	Low Power Wide Area (LPWA)。省電力、低データレートで寿命が長い電池を必要とするIoTのための低コストなワイヤレス通信
LTE	Long-Term Evolution (ロングタームエボリューション)。4G導入の主要要素
LTE Advanced	LTE規格を高度化したもので、理論的にはデータスピードを最大1Gbpsに速める

M&A	Mergers and Acquisitions (合併・買収)。企業や資産の統合を表す用語
Massive MIMO	Massive multiple-input and multiple-output (マッシブ多重入出力)。大規模なアンテナシステム
Millimeter wave	30GHz～300GHzの帯域を占める高周波の電波
MIMO	Multiple-Input and Multiple-Output (多重入出力)。送信機と受信機の両方で複数のアンテナを用いる無線通信のアンテナ技術
MNO	Mobile network operator (移動体通信事業者)。無線通信サービスを提供する事業者
MVNO	仮想移動体通信事業者とは、現行の事業者のインフラを用いて無線通信サービスをバーチャルで提供する事業者
Modulation	モジュレーションとはキャリア信号と呼ばれる周期的波動の性質を変化させるプロセス
Multuser MIMO	マルチユーザー MIMO (MU-MIMO)。それぞれアンテナを持つ一連のユーザーや無線端末が互いに通信する無線通信用の多重入出力技術
NB-IoT	Narrow Band Internet of Things (狭帯域モノのインターネット)。セルラー通信帯域を利用して多様なデバイスやサービスの接続を可能にするために開発された低消費電力の無線技術
SDN	Software Defined Networking (ソフトウェアが定義するネットワーク)。クラウドアーキテクチャを通じてアジャイルで柔軟性のある携帯通信網の展開を可能にする
SMS	Short Message Service (ショートメッセージサービス)。テキストによるメッセージサービス
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System。GSM規格を基にした第3世代の携帯電話規格
WAP	Wireless application protocol (ワイヤレスアプリケーションプロトコル)。移動体通信網で情報にアクセスするための技術仕様

脚注

- 1 本稿の範囲はネットワーク事業者であり、衛星事業者はカバーしていない
- 2 NTTネットワークイノベーションラボラトリー (2017年12月12日にアクセス), ntt.co.jp
- 3 Ovum, World Cellular Information Service (WCIS) (2017年9月)
- 4 Mayumi Negishi, "Long Before Apple Pay, Japan Had 'Mobile Wallet'," ウォールストリートジャーナル (2014年9月11日), wsj.com
- 5 Akky Akimoto, "In the battle with smart phones is i-mode dead?," ジャパンタイムズ (2011年4月20日), japantimes.co.jp
- 6 Programming WebLogic Server for Wireless Services (2017年12月12日にアクセス), Oracle.com
- 7 Negishi, Ibid.
- 8 The state of the LTE (2017年6月), opensignal.com
- 9 マッキンゼーが日本の通信業界幹部を対象に実施したサーベイ (2017年9月)。2017年9月に日本の通信業界の幹部52名を対象に独自調査を実施。四捨五入により数字が100%にならない可能性がある
- 10 "Fujitsu putting mobile phone business on the block," Nikkei Asian Review (2017年8月22日), asia.nikkei.com
- 11 IDC quarterly mobile phone tracker - final historical (2017年第3四半期)
- 12 Ovum, WCIS, Ibid.
- 13 IHS Markitの「The 5G economy: How 5G technology will contribute to the global economy whitepaper」に基づいた結果であり、マッキンゼー・アンド・カンパニーが当該情報を保証するわけではない。この結果は、利用者自らの責任において利用するものとする。詳細については www.technology.ihs.com を参照
- 14 2017年12月20日に3GPPは、ノンスタンドアローン型 (NSA) の5G NRの仕様を承認したことを発表。これにより、2019年までにデプロイされる世界初の商用5Gの基礎が固まったことになる。NSA 5G NRは既存のLTE周波数帯とコアネットワークを活用すると同時に新たな5Gキャリアを追加する。5G次世代コアネットワークアーキテクチャ (5G NGC) を活用するSA 5G NRの仕様は3GPP Release 15の一環として2018年6月までに策定される予定。世界のモバイル業界のリーダーはこれらの開発に支持を表明している。詳細については、Monica Allevan, "3GPP declares first 5G NR spec complete," FierceWireless (2017年12月20日), fiercewireless.com と3GPP "Industry support for 3GPP NR announcement," (2017年12月21日), 3gpp.org を参照
- 15 詳しくは、McKinsey.comの "The Internet of Things: Mapping the value beyond the hype," マッキンゼー・グローバル・インスティテュート (2015年6月) を参照
- 16 Japan's International Trade in Goods, 日本貿易振興機構 (2016), jetro.go.jp
- 17 The motor industry of Japan 2016, 日本自動車工業会 (JAMA) (2016), jama.org
- 18 McKinsey Global Institute, Ibid.
- 19 "Empty cars with no steering wheel could soon be driving in California," ガーディアン (2017年3月10日), theguardian.com
- 20 The motor industry of Japan (2016), 日本自動車工業会 (2016), jama.org
- 21 Robots: Japan delivers 52 percent of global supply, 国際ロボット連盟 (IFR) (2017年11月23日), ifr.org
- 22 "Summary of Japan's robot strategy: Its vision, strategy and action plan" (2015年3月2日更新)
- 23 Demographic Yearbook 2015, 国際連合およびDESA, United Nations Publications (2017)
- 24 Cobots: the rise of the collaborative robot (cobot) – what you need to know, i-SCOOP, i-scoop.eu.
- 25 LINEの登録ユーザーが4億人を超えた, LINE Corporation (2014年4月2日), linecorp.com
- 26 James Surowiecki, "Where Nokia went wrong," ニューヨークー (2013年9月3日), newyorker.com
- 27 3GPP Low Power Wide Area Technologies, GSMA (2016), gsma.com
- 28 SigFox Technology Overview (2017年12月12日にアクセス), sigfox.com

- 29 Semtech (2017年12月12日にアクセス), semtech.com
- 30 Ovum, Communications Provider Revenue & Capex Tracker (2017年第3四半期)
- 31 IDC, Ibid.
- 32 Matt Weinberger, "The fad may be over, but Pokémon Go still has 65 million monthly active players," Business Insider (2017年4月4日), businessinsider.com
- 33 "IKEA launches IKEA Place, a new app that allows people to virtually place furniture in their home," IKEA (2017年9月14日), ikea.com
- 34 "Nokia buys part of Panasonic's network business," ロイター通信 (2014年7月31日), reuters.com
- 35 Cornelius Baur and Dominik Wee, "Manufacturing's next act" (2015年6月), McKinsey.com を参照。また "Industry 4.0 after the initial hype: where manufacturers are finding value and how they can best capture it" (2016年4月), McKinsey.com も参照
- 36 日本貿易振興機構 (JETRO) (2016)
- 37 society 5.0, 内閣府 (2016), cao.go.jp
- 38 Lorenzo Casaccia, "3GPP agrees on plan to accelerate 5G NR – the global 5G standard – for 2019 deployments" (2017年3月9日), qualcomm.com
- 39 5G spectrum: Public policy position, GSMA (2016年11月), gsma.com
- 40 "Germany adopts self-driving vehicles law," ロイター通信 (2017年5月12日), reuters.com
- 41 "Japan to invite new faces to 5G party," Nikkei Asian Review (2017年11月28日)
- 42 http://www.soumu.go.jp/main_content/000517622.pdf 参照
- 43 "Rakuten announces intent to enter mobile network operator (MNO) business" (2017年12月14日), global.rakuten.com
- 44 Ovum, WCIS, Ibid.
- 45 Ibid.
- 46 Ibid.
- 47 Kevin Murnane, "If you build it they will come: 4G LTE network launch in India as an immediate worldwide impact," フォーブス (2016年10月7日)
- 48 Ovum, WCIS, Ibid.
- 49 "Nationwide 5G mobile coverage coming to Japan in 2023," Nikkei Asian Review (2017年6月7日), asia.nikkei.com
- 50 5G in China: Outlook and regional comparisons, GSMA Intelligence (2017年6月), gsmaintelligence.com
- 51 Jo Best, "The race to 5G: Inside the fight for the future of mobile as we know it," TechRepublic (2014年12月14日), techrepublic.com
- 52 Paul Mozur, "The World's Biggest Tech Companies Are No Longer Just American," ニューヨークタイムズ (2017年8月17日), nytimes.com

