

■5Gが実現する産業用IoT

[産業ロボット/工場の無線化/自営5G/ローカル5Gが作る巨大市場]

目次

第1章 5Gの商用サービス開始と2050年を展望したモバイル業界の市場動向

=GSMAが「The Mobile Economy 2019」で分析=

1.1 GSMAが「The Mobile Economy 2019」を発表

1.1.1 5G/IoT/AI時代の世界の市場動向を分析

1.2 GSMAのプロフィールとGSMAインテリジェンス

1.2.1 GSMAのプロフィール

1.2.2 GSMAインテリジェンス

1.2.3 MWC19以前：家庭向け/企業向け5G商用サービスを開始

1.3 世界初のスマホ対応「5G商用サービス」の開始

=米国と韓国の3社が同時に5G提供開始を発表=

1.3.1 米国と韓国の3社が同時に5G商用サービスを提供開始

1.3.2 サムスン電子：5G対応のスマートフォン発売開始

1.3.3 2019年末までに20カ国近くが5G商用サービスの提供を開始へ

1.4 GSMAレポート①：6つの注目点

=5Gは2025年に全世界のモバイル接続数の15%（14億）へ=

1.4.1 5Gはインテリジェント・コネクティビティ時代を促進

[1] 2025年に全世界の5Gモバイル接続数は15%（14億）へ

[2] 5Gは今後の経済成長の重要な原動力

1.4.2 GSMAレポートの6つの注目点

1.4.3 5Gは今後15年間で世界経済に2.2兆ドルの効果を生む

1.5 5G標準化：現在はフェーズ1（基本仕様：5G NR）、2019年末にフェーズ2（フル仕様：

5Gコア）を策定

1.5.1 5Gの規格を策定する3GPP

1.5.2 5Gフル仕様（フェーズ2）は2019年12月に完成予定

[1] フェーズ1（5Gの基本仕様「NR」の策定）：2018年6月完了（3GPPリリース15）

[2] フェーズ2（5Gのフル仕様の策定）：2019年12月完了予定（3GPPリリース16）

1.5.3 2025年の5Gモバイル市場の普及率：第1位は韓国、第2位は米国、第3位は日本

1.6 GSMAレポート②：モバイル市場の分析

=2025年にモバイル事業者の売上は1.14兆ドルへ=

1.6.1 スマホの5G接続：2025年には15%へ

1.6.2 全世界のモバイル市場の世代別普及率

- 1.7 GSMAレポート③：数値が語るモバイル市場の変化
 - =2025年に世界の50%の国で5G商用サービスが提供=
 - 1.7.1 モバイル加入者数は2025年までに60億人へ
 - 1.7.2 2025年までに約7億人が新規モバイル加入者へ
 - 1.7.3 7カ国が新規加入者の50%を占める
 - 1.7.4 2025年の5G市場は15%へ
 - 1.7.5 米国、東アジア、欧州の市場が5Gの導入をリード
 - 1.7.6 モバイルインターネットユーザーの比率が増大
 - 1.7.7 世界のスマホの5台のうち4台がインターネット接続へ
 - 1.7.8 3つの新しいスマホのインターネット接続大国の登場
 - 1.7.9 スマホが普及と消費者の関心の高い利用分野
 - 1.7.10 世界のモバイルデータ使用量は2024年までに5倍に増加
 - 1.7.11 財政的には逼迫しているモバイル通信事業と改善策
 - 1.7.12 2020年には52市場が5Gの商用サービスを開始
- 1.8 GSMAレポート④：モバイル産業の経済成長への貢献
 - =2023年には4.8兆ドル（GDPの4.8%）へ=
 - 1.8.1 モバイル産業のGDPへの貢献と社会的課題
 - 1.8.2 モバイル通信事業全体で2018年に約1.1兆ドルの経済価値
 - 1.8.3 間接的および生産性向上に対する貢献：3.9兆ドル
 - 1.8.4 モバイルエコシステムの雇用への貢献：合計約3200万人
 - 1.8.5 今後15年間での5Gの世界経済への貢献は2.2兆ドル
 - 1.8.6 拡大するモバイルインターネットの利点
- 1.9 GSMAレポート⑤：モバイル産業のSDGsへの貢献
 - =第1位はゴール9（技術革新）、第2位はゴール4（教育）=
 - 1.9.1 GSMAのSDGsへの取り組み
 - 1.9.2 モバイル産業のSDGsへの貢献：ゴール9、ゴール4、ゴール13、ゴール11が高得点
- 1.10 GSMAレポート⑥：5GビジネスとIoT（LPWA）
 - =LTE-M/NB-IoTは104カ所で商用サービス開始へ=
 - 1.10.1 5G開発と導入：3つの課題を整理
 - 1.10.2 アンケート結果から見られる5Gへの消費者の期待
 - 1.10.3 IoT市場は1兆ドル規模へ
 - 1.10.4 セルラーIoT（LTE-M/NB-IoT）は104カ所で商用サービスを開始
 - [1] LTE-Mは32カ所、NB-IoTは73カ所
 - [2] IoTの接続性のコモディティ化と新しいIoTビジネスの展開
 - 1.10.5 モバイル通信事業者はIoTソリューションで価値の増大へ
- 1.11 GSMAレポート⑦：デバイス接続に第3の波
 - =AI&イマーシブ型デバイスが台頭=

- 1.11.1 現在のコネクテッド・デバイスの状況
- 1.11.2 第3の波：AI&イマーシブ（VR /スマートスピーカー）の分野が急成長
- 1.11.3 AI&イマーシブ分野：VRヘッドセット、スマートスピーカーの市場動向

第2章 5G向け半導体チップの最新動向と開発状況

＝クアルコム、サムスン電子、メディアテック、ファーウェイ、インテル、アップルの動向も分析＝

2.1 当初は5G NR（SNA）+4G（LTE）コアネットワーク

- 2.1.1 NSA方式は4Gと5Gの両方式で運用
- 2.1.2 次は5G NR（SA）+5Gコアネットワーク
- 2.1.3 当初の5G商用サービスは高速性（eMBB）を重視
- 2.1.4 5Gの電波：Sub-6GHzとミリ波を使用

2.2 移動無線通信の基礎

2.2.1 地上系（コアネットワーク）の役割

- 〔1〕 通信相手とつなぐ、居場所を探す
- 〔2〕 通話相手の居場所を予想する方式

2.2.2 無線方式：国の厳格な管理下

- 〔1〕 無線の使用条件
- 〔2〕 電波の伝搬特性と周波数帯
- 〔3〕 5Gはミリ波帯も使う
- 〔4〕 5GにおけるFDDとTDD

2.3 スマートフォンに必要な半導体

- 2.3.1 4つの機能
- 2.3.2 セルラー無線通信用半導体
 - 〔1〕 無線関連の4つの作業
 - 〔2〕 デジタル処理とアナログ処理

2.4 5G通信用のアナログ半導体

- 2.4.1 5Gで送受信に使用する帯域幅：100～400MHz幅
- 2.4.2 5Gの半導体の例
- 2.4.3 5G送信部用半導体
- 2.4.4 5G無線送受信部用半導体の例

2.5 5G通信用のデジタル半導体

- 2.5.1 第1世代から第2世代へ
- 2.5.2 第2世代の5Gモデム：発表ラッシュ

2.6 5G用半導体：コンピュータ（SoC）部分

- 2.6.1 SoCの大きな役割

- 2.6.2 半導体素子の密度向上
- 2.6.3 注目されるファブ企業とファブレス企業
- 2.6.4 半導体設計技術におけるIPコアと回路図ライセンス
- 2.7 5G対応スマートフォン用のディスプレイ：LCD（液晶ディスプレイ）とOLED（有機ELディスプレイ）
 - 2.7.1 VR/VR360用のHMD（ヘッドマウント・ディスプレイ）
 - 2.7.2 VRに求められるフレームレート
- 2.8 世界の5G向け半導体プレイヤーの動向
 - 2.8.1 クアルコム（Qualcomm）
 - 2.8.2 サムスン電子（Samsung Electronics）
 - 2.8.3 メディアテック（Mediatek）
 - 2.8.4 ファーウェイ（Huawei）
 - 2.8.5 インテル（Intel）
 - 2.8.6 アップル（Apple）
- 2.9 5G携帯機の開発状況
 - 2.9.1 5Gの信号処理：キャリア・アグリゲーションやMU-MIMO
 - 2.9.2 5Gにおけるモデムチップの開発
 - 2.9.3 5G用スマートフォンの中核となるSoC（システムLSI）
 - 2.9.4 5G携帯機の機能：高ビットレートへの対応
 - 2.9.5 5G通信機器の商品化：重要なReference Design（参照設計）

第3章 産業分野に見る5Gの価値：マシンとマシンの接続

＝5Gの登場で有線から無線時代への歴史的転換へ＝

- 3.1 初の「マシン」指向の通信方式
 - 3.1.1 当初は相手にしていなかった「マシン」接続
 - 〔1〕 通話のために作られていた電話
 - 〔2〕 無線遠隔操作への発展
 - 〔3〕 モバイル通信システムの利用拡大
 - 3.1.2 3GPPは5G審議の当初から72のユースケースを設定
 - 〔1〕 国際標準化への流れ
 - 〔2〕 74の利用状況を想定
 - 3.1.3 5G IoTは序の口
- 3.2 5Gは産業指向：重要なURLLCとmMTC
 - 3.2.1 5G通信における超低遅延と低ジッタ
 - 〔1〕 ジッタが大きい通信の例
 - 〔2〕 VRピンポンでの遅延時間とジッタの例

- [3] 5G NRの高速化と誤り訂正処理
- 3.2.2 5Gの多数接続と高信頼性 (mMTC/URLLC)
 - [1] MTCデバイスの接続台数
 - [2] より信頼性が必要な場合
- 3.3 5Gテクノロジーが変えるビジネス：スライシングが牽引
 - [1] 4Gまでの移動通信システムの問題点
 - [2] 5Gで初登場したスライスとスライシング
 - [3] 期待されるMVNOが再スライシング
- 3.3.1 5G時代はネットワークを買える
 - [1] 自社に最適な仕様のスライスを選択する時代へ
 - [2] 生命保険会社の事例
- 3.3.2 ケーブルは要らない
 - [1] 5Gが無線LANの限界を突き崩す
 - [2] 無線LANサービスの限界
 - [3] 5Gのスライシングでネットワークの最適化が進展
- 3.3.3 無線通信を買う時代へ
 - [1] 通信コストは4G (LTE) の10分の1に
 - [2] 5GはDoSやDDoS攻撃にも強い
 - [3] 5GのイネーブラーはIoT接続機能

第4章 5Gで変わるIoTの世界

=5Gによる巨大市場の可能性を示したMWC19 Barcelona=

- 4.1 5Gによって産業がどのように変わるのか
 - 4.1.1 有線から無線へ
 - 4.1.2 映像コンテンツの新時代を拓けるか
 - 4.1.3 5Gの産業界向けの利用
- 4.2 寡黙な機械から饒舌なマシンへ
 - 4.2.1 AI時代にどのようにデータを取得するか
 - 4.2.2 5Gによる無線化が有効
 - 4.2.3 ドイツのIndustrie 4.0構想
 - 4.2.4 可視化の次は知能化へ
- 4.3 5Gだからできる
 - 4.3.1 なぜ無線LANではなく5Gなのか
 - 4.3.2 4Gと5Gの決定的な違い
- 4.4 産業界における5Gの適用分野
 - 4.4.1 PLCやセンサー

- [1] PLCへの適用
- [2] センサーへの適用
- [3] 5Gスライシングの利用による最適化
- 4.4.2 5Gの産業用ロボットへの適用
 - [1] ロボットの導入とロボットの無線化
 - [2] 無線化による新しいロボットの誕生
- 4.4.3 遠隔運転と新ビジネスの展開
 - [1] 急浮上した遠隔運転
 - [2] 遠隔運転による運送効率の向上
 - [3] 隊列走行でさらに運送効率の向上
 - [4] 米国：18州でL1隊列走行を認可
 - [5] 乗用車も遠隔運転へ
 - [6] 運転サービスの新しい可能性
- 4.4.4 C-V2Xの新展開：LTE-V2Xから5G NR C-V2Xへ
 - [1] 自動車向けサービス：テレマティクス
 - [2] 動く宅配ボックス
 - [3] 3GPPリリース14で「LTE-V2X」（4G LTE C-V2X）を規定
 - [4] 5GAAにおけるC-V2Xの導入スケジュール
- 4.4.5 ドローン操縦
- 4.4.6 スタジアム
- 4.5 エッジコンピューティングとの融合
 - 4.5.1 「ディープエッジ」と「エッジ」
 - 4.5.2 なぜ、ロボットの制御をエッジに置くのか
 - 4.5.3 クラウドRAN（C-RAN）：基地局機能をソフトウェアで実現
- 4.6 MWC19 Barcelonaにおける各社の取り組み
 - 4.6.1 ノキア（Nokia）
 - 4.6.2 エリクソン（Ericsson）
 - 4.6.3 クアルコム（Qualcomm）

第5章 世界の自営5G／ローカル5Gを指向した開発状況

＝日本メーカーに復活のチャンス到来か＝

- 5.1 自営5Gとローカル5Gの違い
 - 5.1.1 自営5Gとは？
 - 5.1.2 組織内向けに行う5Gサービス
- 5.2 日本のプライベートLTE
 - 5.2.1 BWA：2007年に制度化

- 5.2.2 全国BWAと地域BWA
- 5.2.3 地域BWAの運営
- 5.2.4 ローカルLTEとプライベートLTEの違い
- 5.3 日本で議論中のローカル5G
- 5.4 自営5Gをどこで使うのか？
 - 5.4.1 工場建屋内における自営5G
 - 5.4.2 企業・組織の敷地内における自営5G
 - 5.4.3 炭鉱・工事現場における自営5G
 - 5.4.4 緊急対応機関における自営5G
 - 〔1〕米国のFirstNet
 - 〔2〕英国：LTEによる新ESNへ切替え
 - 〔3〕日本：PS-LTEを議論
 - 〔4〕3GPPでも緊急対応向け5Gの利用を検討
 - 5.4.5 スタジアム・アリーナ・展示会場
- 5.5 自営用5Gの機材はどうなる？
 - 5.5.1 無線LAN的な手軽さで利用可能
 - 5.5.2 小規模システムに適したOSS/BSS
- 5.6 自営網ビジネスへ参入を目指す各社の状況
 - 5.6.1 新しいビジネスが期待できる分野
 - 〔1〕ノキア（Nokia）
 - 〔2〕エリクソン（Ericsson）
 - 〔3〕クアルコム（Qualcomm）
 - 〔4〕日本メーカー：日本メーカーに復活のチャンス
 - 5.6.2 すでにプライベートLTE向けの商品が登場
 - 5.6.3 自営網は幅広い産業を活性化する

第6章 5Gモバイル通信におけるセキュリティ

＝5Gに特化した問題と通信ネットワーク利用の問題＝

- 6.1 セキュリティの多面性：重要な強靱性と通信保護
 - 6.1.1 5Gのセキュリティとは何か
 - 6.1.2 従来は「漏洩（ろうえい）」対策が中心
 - 6.1.3 多様化する「不正行為」
- 6.2 インフラのセキュリティ
 - 6.2.1 セキュリティ・アーキテクチャ
 - 6.2.2 ネットワークシステムにおける不透明化の設計
 - 6.2.3 現状のインフラの脆弱性の発見は困難

- 6.2.4 警戒が必要なOSS/BSSへの攻撃
- 6.2.5 電波妨害に関する耐性
- 6.3 端末レベルのセキュリティ
 - 6.3.1 気になること：「通信が誰かに傍受されること」
 - 6.3.2 5G時代の高度化された新しいセキュリティ
 - 6.3.3 SIMは有効
 - 6.3.4 5G向けSIM：3GPPで複数のセキュリティを強化
 - 6.3.5 eSIMの導入
- 6.4 実用には十分
 - 6.4.1 現状の移動通信システムへのアタックは困難
 - 6.4.2 今後の懸念：脆弱性を解析する集団の登場
- 6.5 3GPPで策定された5Gセキュリティ・アーキテクチャ
- 6.6 SA WG3における5Gセキュリティの具体的な内容
 - 6.6.1 5Gセキュリティに関する仕様化の変遷
 - 6.6.2 3GPPフェーズ1のセキュリティ
 - 6.6.3 デュアル・コネクティビティの導入
 - 6.6.4 C-PlaneとU-Planeの役割
- 6.7 フル仕様の5Gシステムのセキュリティ
 - 6.7.1 2つのトラストモデルとSEPPの導入
 - 〔1〕「ローミングあり」と「ローミングなし」
 - 〔2〕トラストモデルの変化に対応した5Gにおける鍵の階層構成
 - 〔3〕LTEとの違いは何か？
 - 〔4〕プライバシーの保護（加入者IDの保護）
 - 〔5〕用途ごとにセキュリティのネゴシエーションが可能へ
- 6.8 5Gフェーズ2へ向けたセキュリティの展開