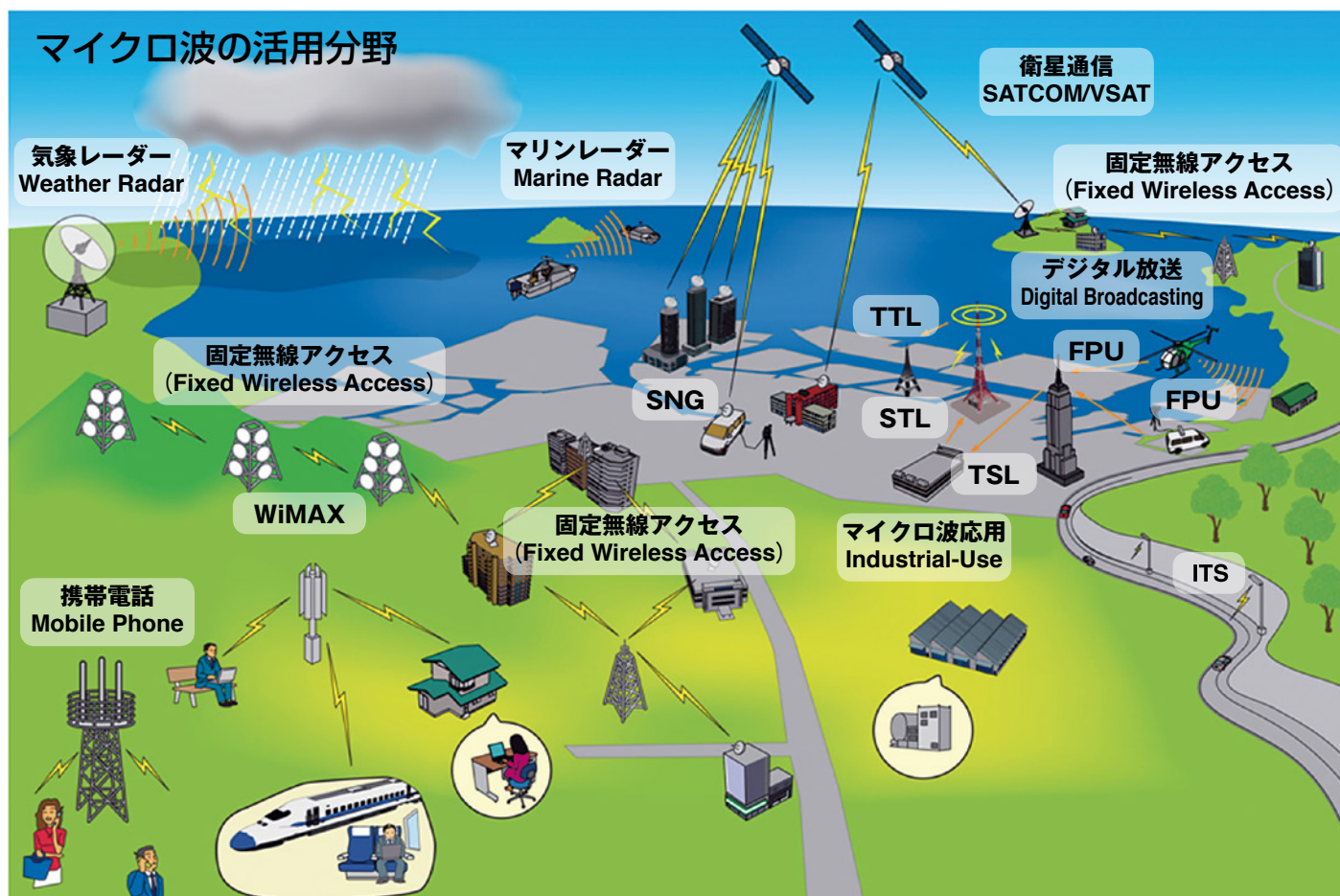


# 携帯電話の普及を支える 通信インフラ最前線

## ——マイクロ波対応の高機能デバイス開発で更に拍車

取材協力：株式会社東芝 社会インフラシステム社  
小向事業所 マイクロ波技術部



資料提供：株式会社東芝 社会インフラシステム社

V S A T : 超小型地球局 (Very Small Aperture Terminal)  
SATCOM : 米国の民間静止通信衛星 (Satellite Communication)  
WiMAX : ワイマックス (Worldwide Interoperability for Microwave Access)  
S N G : 通信衛星によるニュース中継 (Satellite News Gathering)  
T T L : 放送局の送信所間を結ぶ無線通信回線 (Transmitter to Transmitter Link)

S T L : スタジオ～送信所間の放送番組を伝送する無線通信回線 (Studio to Transmitter Link)  
T S L : 送信所～スタジオ間無線通信回線 (Transmitter to Studio Link)  
F P U : テレビ放送用無線中継伝送装置 (Field Pickup Unit)  
I T S : 高度交通システム (Intelligent Transport Systems)

# LIVING & ULVAC

携帯電話の全世界の年間生産台数は17億5,000万台(2012年ガートナー調べ)を越え、日本においても世帯普及率は94.5%(2012年総務省調べ)に達している。特に大学生を含む20歳台では、ほぼ全員が携帯電話を所有していると言っても過言ではない。そればかりか、今や高齢層においても必須アイテムと言って良い。従来の無線通信の方法は、短波利用による無線通信機器が、通信する両者間を直接無線でつなぐ方式であったのに対して、携帯電話の場合は、通信局を介して機器の両者間をつなぐという点で大きく異なっている。そして、その通信局との間は有線により通信ネットワークで結ばれている。携帯電話は、言い換えれば、移動が可能な“無線通信”とネットワークによる“有線通信”という、それぞれの優れた特長を組み合わせたものと言える。今回の「暮らしとアルバック」は、世界規模で普及している携帯電話の歴史と通信インフラにスポットをあて、その中で重要な役割を果たしているマイクロ波通信デバイスの最新動向に迫ってみた。

## 世界規模で普及が進む 携帯電話市場

日本の携帯電話の普及率調査は二通りあり、内閣府が2人以上の世帯を対象としているのに対し、総務省の場合は同じ世帯でも単身者を含んでいる。1993年から統計をとっている総務省の調査を見ると、1993年当初3.2%であったのに対し、その10年後の2003年には94%以上に達している。(図1参照)

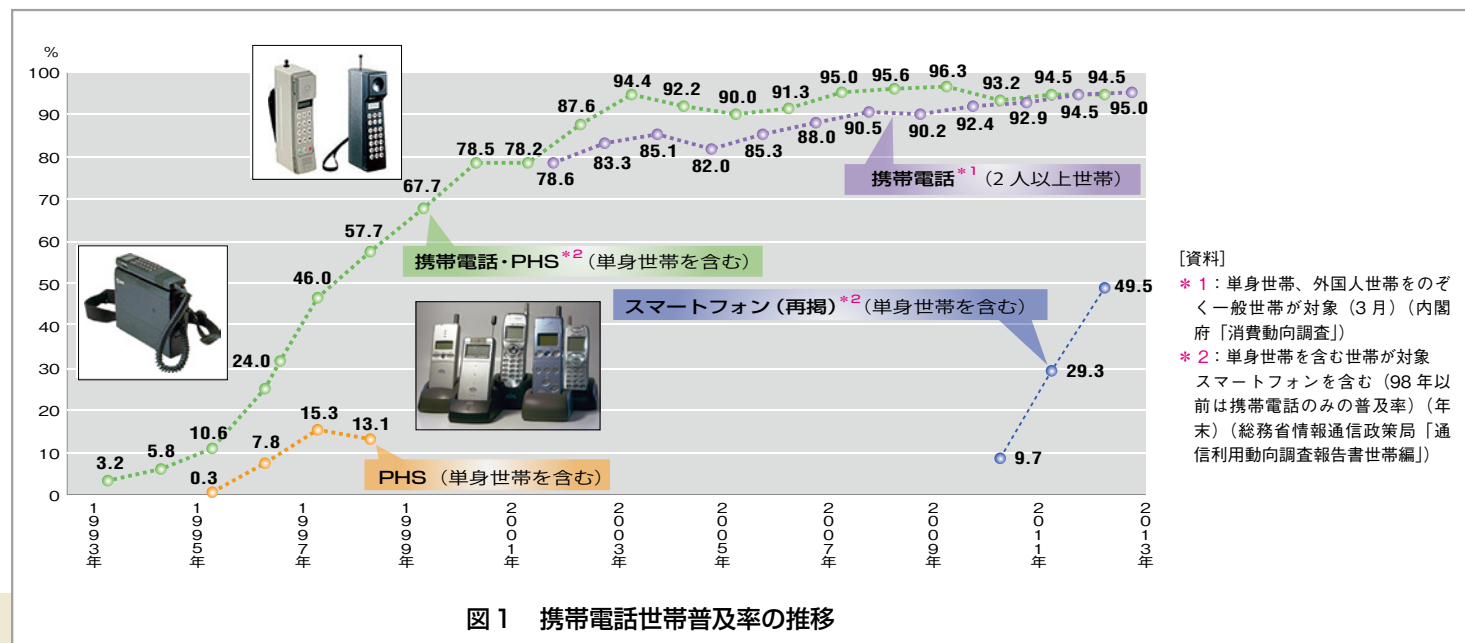
携帯電話の登場以前は、タクシー無線で代表されるように、大ゾーンシステムが主流だった。大ゾーンシステムでは、一つの通信局が直径約60kmのエリアをカバーする。利用者はそのゾーン内に存在しなければ、ゾーンをまたがって使用することはできない。一方、携帯電話のシステムでは直径約6kmの小ゾーンで構成される。その小ゾーンのことをセル(Cell)というため、携帯電話のことを英語でセルラー(Cellular)という。セルラー方式ではセル内であれば、同じ周波数の電波を混信無しに繰り返し再使用できることが特長である。限られた周波数資源で大きな通信容量を実現することが可能になる。多数の人が同時に携帯電話を利用することができるのは、この技術の恩恵によるところが大きい。

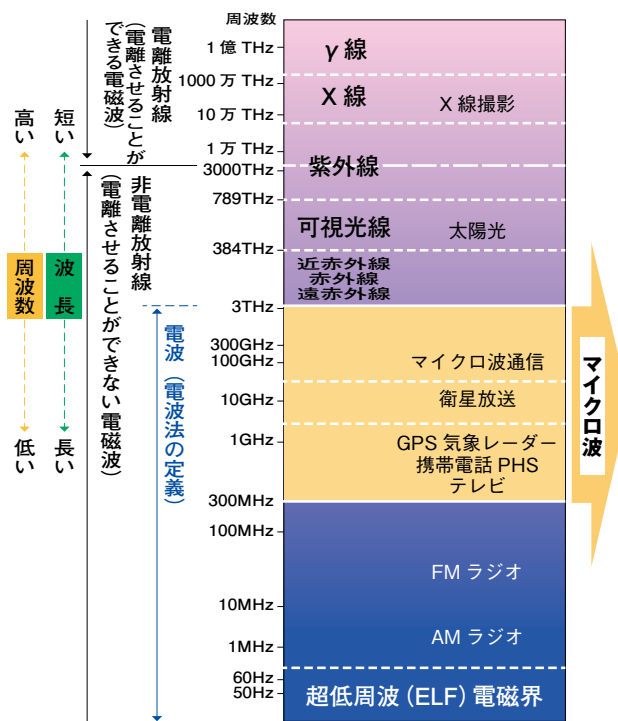
## 携帯電話機器の 高機能化が普及に貢献

セルラー方式による移動体通信は、1979年に世界に先駆けて日本電信電話公社(現・NTTドコモ)が自動車電話として900MHz帯を利用したサービスを開始したのを始まりとする。当時の無線機の大きさは容積6,600cc(1ℓのペットボトルが7本弱)。当然手では持てないため、車のトランクの中に固定し、アンテナは車の屋根に取り付けて使用するものであった。ちなみに、費用は保証金20万円、月額基本料3万円、通話料が6秒10円であった。

1985年には重量約3,000gの可搬型端末、いわゆる「ショルダーホン」が開発され、1987年には容積500cc(500mlペットボトル1本分相当の大きさ)となり、重量900gだったが、1989年に外資系企業が開発した容積220cc、重量303gの新機種が全世界に衝撃を与えた。これが世界最初の「ハンディタイプの携帯電話」であったと言って良い。こうして携帯電話の熾烈な小型化・軽量化競争の幕が切って落とされたのである。

翌1990年に容積203cc、重量293g、この後、毎年1~2回のペースで新モデルが発表され「1g・1cc」を争う競争時代が





電波産業会「くらしの中の電波」よりアルバック作成

IEE のマイクロ波周波数による分類と用途

名称	帯域 (GHz)	用途
W 帯	75 ~ 111	電波天文学
V 帯	40 ~ 75	レーダー・通信衛星
Ka 帯	26 ~ 40	通信衛星
K 帯	18 ~ 26	通信衛星
Ku 帯	12 ~ 18	衛星テレビ放送・通信衛星
X 帯	8 ~ 12	軍事通信・気象衛星・地球観測衛星・航海レーダー・水上捜索レーダー・対空捜索レーダー・射撃管制用レーダー
C 帯	4 ~ 8	通信衛星・固定無線・無線アクセス・水上捜索レーダー・対空捜索レーダー
S 帯	2 ~ 4	固定無線・移動体向けデジタル衛星放送・ISM バンド (電子レンジ・無線 LAN・ワイドスター衛星電話・アマチュア無線など)・航海レーダー・対空捜索レーダー
L 帯	0.5 ~ 1.5	テレビ放送・携帯電話・インマルサット衛星電話・800MHz 帯・対空捜索レーダー
P 帯	0.25 ~ 0.5	移動体通信・アナログコードレス電話・特定小電力無線
G 帯	0.2 ~ 0.25	軍用航空無線
I 帯	~ 0.2	

IEE : The Institute of Electronics Engineers, Inc. (米国電気・電子技術学会)

図 2 周波数による電磁波の分類とマイクロ波の周波数のあらし

続いた。1999年に第2世代デジタル携帯電話でついに57gにまで軽量化している。

この頃より携帯電話は、小型化競争から多機能化競争へと進む。1999年にNTTドコモによりi-modeサービスが開始され、携帯電話は音声通話だけの機器からメール通信機能、ブラウザ機能の付加した情報端末へと大きく変貌を遂げていく。液晶大画面、カメラ機能、外付けメモリ機能、GPS、無線LAN、ワンセグなどの便利な機能が次々に加わり、むしろ大きくなっていくが、外観の変化とは異なり、携帯電話自体の中身の小型化は決して終わったわけではなかった。つまり、小型化できた分、そのスペースに新機能を組み込んでいくという競争に変化していったのである。

2001年には、さらに高速大容量通信を可能とする第3世代携帯電話サービスが開始される。無線周波数や通信方式が変わったために、今まで使用されていなかったマイクロ波通信デバイスの登場となる。

2000年を越えると携帯電話は、日本・韓国及び欧米主要国に加え、全世界規模で利用者数の急激な増加により、複数の周波数帯域の中から空いた帯域を自動的に識別して使用する

マルチバンド機や、世界中どこでもどの方式でも使えるマルチモード機など通信インフラの技術革新も進んでいった。

次いで、2007年にアップル社からiPhoneが登場し、スマートフォン時代を迎える。さらに2010年にiPadの登場により、携帯電話機能付きタブレットPCという新しい分野が切り拓かれ、ますます携帯電話の通信インフラの重要性が問われるようになってきている。

以上が、携帯電話の端末機器の歴史であるが、次に通信インフラで活躍しているマイクロ波通信について述べることにする。

### 携帯電話通信インフラに不可欠なマイクロ波技術

マイクロ波 (Microwave) は、電波の周波数による分類の一つで、電波の中で最も短い波長域であることを意味する。波長でいえば1m~100μm、周波数では300MHz~3THzの電波 (電磁波) のことで、この範囲には、デシメートル波 (UHF)、センチメートル波 (SHF)、ミリメートル波 (EHF)、サブミリ波が含まれる。(図2参照)



マイクロ波の発振には、マグネトロン、クライストロン、進行波管 (TWT)、ジャイロトロン、ガンダイオードを利用した回路などが用いられる。伝播 (アンテナより電波として空中を伝播させるものを除く) には同軸ケーブルが使われるが、出力 (電力・ワット数) の高いものには金属製の導波管が用いられる。近年ではマイクロストリップ線路などとともに、半導体デバイスを組み込んだ発信器が主流となってきている。

マイクロ波の応用分野は広く、衛星テレビ放送、マイクロ波通信、レーダー、マイクロ波プラズマ、マイクロ波加熱 (一般家庭で利用する電子レンジ)、マイクロ波治療、マイクロ波分光法、マイクロ波化学、マイクロ波送電などがある。ユニークなところでは、水洗便所の小便器にマイクロ波センサが組込まれ自動洗浄にも採用されている。

このように、マイクロ波・ミリ波を使った携帯電話の無線通信技術は、私たちの暮らしを大変便利なものになっている。今日これらが実現できたのは新しいさまざまなマイクロ波通信デバイスが実用化されたことによるものである。

将来のマイクロ波の応用としては、エネルギーを無線通信で送る「無線電力伝送」という夢のような方法も考えられている。これが実現すれば、情報と電力を電源コードを別々にすることなく、一つの無線回線で送ることが可能となるという。

## 新マイクロ波通信デバイスに期待される GaN

マイクロ波通信の中核を担うのがマイクロ波通信デバイスであるが、従来の GaAs (ヒ化ガリウム) に加え、実用化が難しいとされていた GaN (窒化ガリウム) に期するところが大きい。GaN の特長は、マイクロ波信号増幅用の大電力トランジスタに適していることである。

今回、取材協力をいただいた株式会社東芝 社会インフラシステム社 (小向事業所・マイクロ波技術部) では、化合物半導体の高い技術力と信頼性を背景にして、携帯電話が登場する以前の 1970 年代からマイクロ波通信デバイスを開発している。

マイクロ波通信は、かつては、宇宙開発や防衛分野などの最先端分野でしか利用されていなかったが、近年になって航空管制用レーダー装置や衛星通信基地局、医療機器などの分野でも採用が進んでいる。特に東芝では、より緻密な天気予報を提供する気象レーダー装置、リアルタイムで大量の映像を送ることができる放送用中継機器など、幅広い分野で利用されている。

これらの分野では従来、マグネトロンやクライストロン、進行波管などの電子管や、GaAs を使う FET (Field Effect

Transistor)、Si 材料を使う LDMOS (Lateral Double-diffused MOS) トランジスタなどが使われていた。GaN 高周波大電力トランジスタには、こうした旧来のデバイスに対してさまざまな優位性がある。しかし、価格の高さが大きな障壁となっていたため、採用に踏み切れる応用分野は限定的だった。現在では、技術革新により価格が下がっていることに加え、周波数帯や出力電力が異なる品種の拡充が進んだことなどで、採用分野が広がっている。

東芝のマイクロ波技術部技術担当グループ長の木村英樹氏は、「弊社は、基幹通信基地局や衛星通信基地局などを主力として、マイクロ波通信用途向けの高周波・高出力デバイスを専門にしています。GaN 高周波デバイスについては、2000 年代の前半から出荷を始め、着実な成長を続けています」と話す。

さらに木村氏は「GaN 高周波トランジスタは、高コストでありながら、その優れた半導体物性を有することから、旧デバイスからの置き換えが進み、小型化・高出力・高効率化の特長を生かし、社会インフラシステムの構築に貢献していきます」と付け加えた。

## 低価格化、高機能化が進む GaN デバイスの将来性

GaN は、GaAs と比べてバンドギャップが大きいことで、高い電圧で動作させることができ、信頼性も確保できる点で優位に立つ。高電圧で動作するという事は、トランジスタの入出力のインピーダンスが高いため、線形性 (リニアリティ) を確保しやすい。結果として、増幅器として動作させたときの歪みを低く抑えられる。また、バンドギャップが大きいことから、300°C 程度の高温動作に対応できる点も GaN の特長だ。したがって冷却・放熱用部材が簡易なものになるため、機器の小型化や低コスト化に寄与できる。

ちなみに東芝 社会インフラシステム社では、C 帯 (4GHz ~ 8GHz)、X 帯 (8GHz ~ 12GHz)、Ku 帯 (12GHz ~ 18GHz) などで使える高出力品のデバイスを製品化している。同社では、今後さらに高出力・高効率な高機能デバイスの開発に取り組み、産業の発展に貢献し、暮らしをより便利にする通信インフラの構築に貢献していきたいとのことであった。

東芝製マイクロ波通信デバイス (GaN)



C 帯 GaN (120W)

X 帯 GaN (50W)

Ku 帯 GaN (50W)