

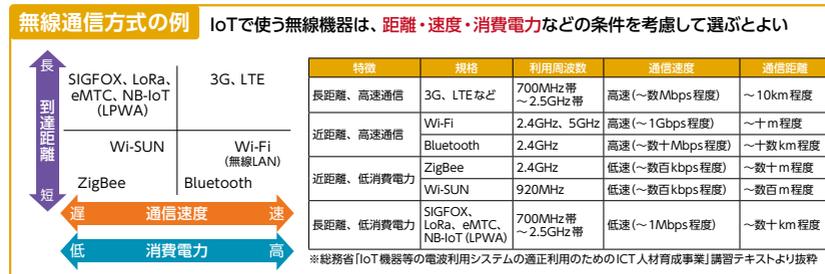
通信技術が支えるスマート農業

スマート農業は、「情報にもとづく農業」といえます。農家は気象や生育状況、水田の水温や水位、土壌温度、さらに農機や人員の作業履歴などのさまざまな情報にもとづいて、農作業ひいては営農を進めていきます。そのため、データや情報をもたらす「通信技術」が必須となります。

通信技術の中でも「無線通信」は、広大な圃場で用いる上で最適なものとなります。将来、野外のロボットトラクターを自動走行させるためには、位置情報がリアルタイムで常に得られなければなりませんし、少し離れたところにあるセンターに監視映像が送られなければなりません。

無線通信には図1のようにいろいろなものがありますが、スマート農業では、「5G」が注目されています。

図1 さまざまな無線通信方式



Wi-FiやBluetooth、LPWAなど、無線通信にはさまざまなものがあるが、距離や速度、電力消費などの要因で性質が異なる。

スマート農業での無線通信活用事例

トラクターの自動走行



5G/4G/3G、BWA等利用
自動操舵時の制御信号や、
監視映像の伝送など

水田水の管理



4G/3G、LPWA等利用
計測した土壌データのクラウドサーバへの送信など

車両ロボットや水田の水管理など、目的に応じた無線通信技術が使用される。

5G通信に見るスマート農業の通信技術

2019年6月、北海道大学、北海道岩見沢市、そして民間企業であるNTT・NTT東日本・NTTドコモが、「産官学連携協定」*を締結しました。これは、スマート農業などの達成のために最先端の情報通信やロボット技術の活用を産官学が連携して行うための協定といえます。通信技術に注目すると、民間企業からはNTT系列が参加しており、将来のスマート農業における通信技術開発が進められています。

スマート農業の通信技術として重視されている「5G」は、近年マスコミでも取り上げられているため、ご存じの方もいると思います。携帯電話などのモバイルネットワークは、アナログ方式だった第1世代から始まり、現在は最新の5G、つまり「第5世代(5th Generation)」の時代となっています(図2)。この最新の通信技術をスマート農業に活用することが推進されているのです。以下、NTTドコモの5Gに焦点を当てて、スマート農業における通信技術を見ていきましょう。

5Gの特徴は「高速・大容量」「低遅延」「多数端末接続」の3点です。そもそも通信に求められる条件とは、多くの情報を、時間をかけずになるべく早く多くの対象者に伝えることです。たとえば車両ロボットでは、自動

図2 モバイルネットワークは約10年単位で世代交代が行われている

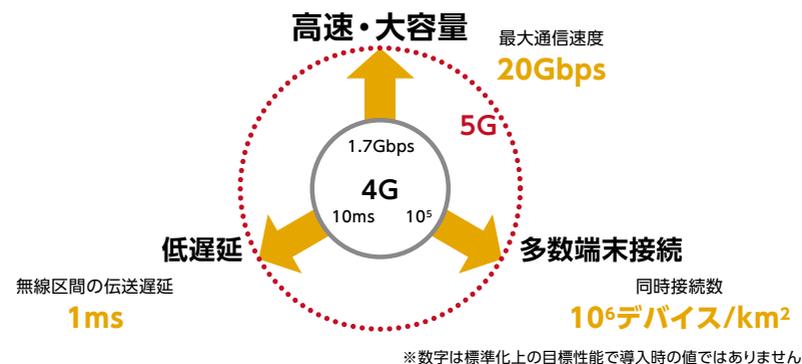


5Gは、4Gの次の世代の通信技術と位置付けられる(図:NTTモバイルの資料より。以下同)。

*産官学連携協定：正式には、「最先端の農業ロボット技術と情報通信技術の活用による世界トップレベルのスマート農業およびサステナブルなスマートアグリシティの実現に向けた産官学連携協定」という。

図3 5Gの最大特徴と将来の目標スペック

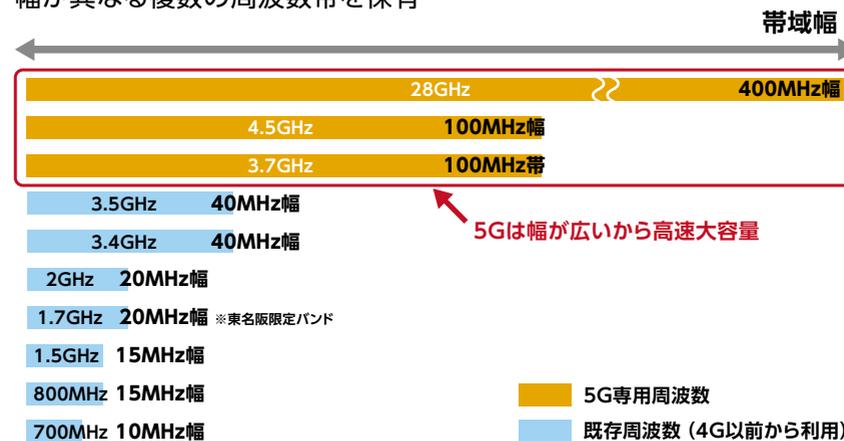
高速・大容量/低遅延/多数端末接続



図はあくまでも将来の目標値。5Gの多数端末接続の「10⁶デバイス/km²」とは、1km²あたりの同時接続が100万デバイス可能ということ(デバイス：パソコンやスマホなどの装置のこと)。

図4 ドコモが使用している周波数帯

幅が異なる複数の周波数帯を保有



帯域幅は各周波数の幅の広さ(帯域幅)をあらわす。水色の4G以前の周波数は10~40MHz幅の領域だったが、ドコモの5Gは100~400MHzという幅が広い領域の周波数が使用されているため、高速・大容量が可能となっている。

運転の制御信号の送信が少しでも遅れば、車両ロボットは経路から外れてしまうでしょう。5Gは、多くの情報を高速で送ることができ(高速・大容量)、その伝達にも遅れが少なく(低遅延)、さらに多くの端末に接続することが期待できる(多数端末接続)技術なのです(図3)。

以前の4Gと比較すると、5Gが目標としている将来的なスペック(性能)は、以下ようになります。

- 高速・大容量：最大通信速度 1.7Gbps* (4G) → 20Gbps (5G)
- 低遅延：無線区間の伝送遅延 10ms* (4G) → 1ms (5G)
- 多数端末接続：同時接続数 10⁵ デバイス/km² (4G) → 10⁶ デバイス/km² (5G)

5Gの特徴——高速・大容量

さまざまな通信で使われる電波はそれぞれ異なった周波数が使用されますが、NTTドコモの「瞬速5G」では、高速・大容量を達成させるために、高い周波数である3.7GHz、4.5GHz、28GHzの3つの周波数帯を使用しています。このうちの3.7GHzは新しく採用された周波数です。4G以前に用いられていた周波数よりも高いため、帯域幅が広く、豊富な周波数の領域を使用できるので、高速・大容量が可能となっています(図4)。

電波は、一般に「周波数が高ければ高いほど直進性が強くなる」ので、遠くまで届きません。このため5Gでは、通信エリアが比較的狭くなるという特徴があり、基地局をたくさん設置する必要があります。

また、4Gは屋内でも安定して使えることが多かったのですが、5Gの電波は壁を通り抜けにくいという特徴もあります。逆にいえば、圃場間など野外での高速・大容量通信に5Gは適しているともいえます。

実効速度と基本スペックは異なる

現在のドコモの5Gは、「受信速度4.2Gbps」「送信速度480Mbps」です。ただし、みなさんもスマートフォンを使って感じることもあるかもしれませんが、通信速度において、公表されているスペック値と、実際に使用し

* Gbps：「ギガ・ビー・ピー・エス」と読む。bpsは伝送の速度をあらわす単位。1Gbpsは1秒間に10億ビット(1ギガビット)の容量のデータを送れることをあらわす。Gbpsの下の位として、Mbps(メガbps。Mは100万)がある。

* ms：「ミリ秒」の意。1msは1000分の1秒をあらわす。

たときの実効値には差があります。おおむね、通信速度の実効値の最大は、スペック値の約50%程度といわれています。

このような現象になる要因としては、「無線品質」「混雑度」そして「通信速度のばらつき」があります。基地局から離れていたり受信側が移動していたりして無線品質が悪かったり、1つの周波数を複数の人が分けて使うなど混雑していたりすると、スペック通りの性能とはなりません。また測定した場所やタイミングなどの環境によって通信速度にばらつきが生じることも影響します。

スマート農業での通信技術開発に参画しているNTTドコモのホームページでは、現在「受信時最大4.9Gbps」「送信時最大1.1Gbps」の場合、実効速度は「受信時441Mbps～833Mbps」、「送信時187Mbps～385Mbps」となっています。

スマート農業における5G通信の高速・大容量について考えるときには、スペックの速度と実効速度の違いにも注目することが必要です。

高速化の技術① — キャリアアグリゲーション(CA)

前述したように5Gは高速化のために周波数の幅に工夫をしていますが、他にも「キャリアアグリゲーション」「MIMO」「QAM」の3つの技術によって高速化しています。それぞれを道路にたとえて説明しましょう。

まず「キャリアアグリゲーション」は、いくつかの周波数を束ねて高速化するもので、ちょうど「道路の幅を拡大する」のにあたります。3つの周波数を束ねる場合を「3CA」、4つでは「4CA」などといい、多くの周波数を束ねるほど通信速度が向上します(図5)。

高速化の技術② — MIMO

「MIMO」は複数のアンテナ間でデータを送受信して高速化を図る方法で、道路の例でいえば、「ルート数を拡大する」ことに相当します。

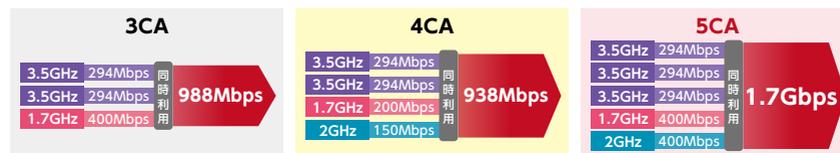
通常、基地局と端末の間では1つずつのアンテナによる1つのルート、つまり1つの道路しかありません。しかし基地局側と端末側にそれぞれ2つのアンテナを置く「2×2MIMO」にすれば2ルートできるので、これによって2倍の通信速度が達成できることとなります(図6)。

図5 キャリアアグリゲーション

周波数を束ねて幅の広い道路をつくり高速化



たとえば、1.5GHzと800MHz、2GHzの3つの周波数がある場合、それぞれに通信データを通すことで、速度を上げる。

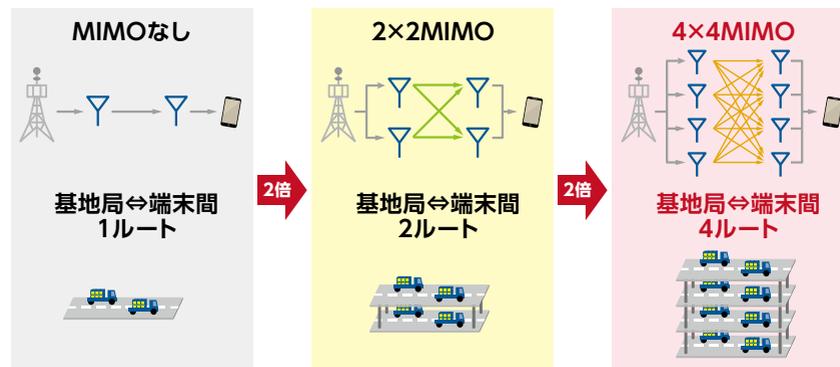


3CAでは988Mbpsだったが、4CAでは938Mbps、5CAに増やすと1.7Gbpsにまで速度が上がるのが期待できる。



図6 MIMO

複数のアンテナ間でデータを送受信通信する



基地局-端末間でアンテナを2つずつ増やすのは「2×2MIMO」、4つずつ増やす場合は「4×4MIMO」という。

高速化の技術③——QAM

QAMは、電波の振幅(振れ幅)と位相(波のタイミング)を細分化する方式です(図7)。「荷物を運ぶトラックの積載量を増加させる」ような方法です。

振幅4パターン・位相4パターンに細分化すれば $4 \times 4 = 16$ で、これを「16QAM」といいます。現在は振幅16パターン・位相16パターンにまで細分化できるので、「256QAM」が可能となっています。

5Gの特徴——低遅延と多数端末接続

高速・大容量はすでに実現した技術ですが、低遅延と多数端末接続は、これから実現が期待されている分野です。

まず「遅延」とは、「データを要求してから最初に到達するまでの時間」のことです。たとえば、スマートフォンでURLをクリックしてから表示されるまでの時間が「遅延」です。遅延は経路にある伝送装置やネットワーク装置など、各部での小さな遅延が積もっていき生じます。

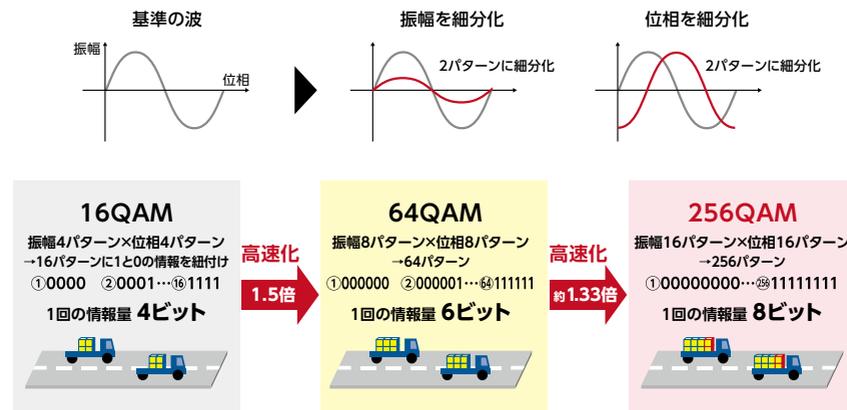
この対策としては「MEC」があります。遅延は無線区間ではごくわずかで、有線区間での遅延が影響を与えます。MECは、サーバを少しでもスマートフォンなどの端末の近くに置くことによって低遅延を実現しようという方法です(図8)。

一方「多数端末接続」のほうは、5Gにおいては現時点では独自の技術がまだ動いておらず、このためLTE-Mなどの4Gの既存の技術が引き続き活用されています。

図7 QAM

電波の振幅と位相を細分化して1回に運ぶ情報量を増やす

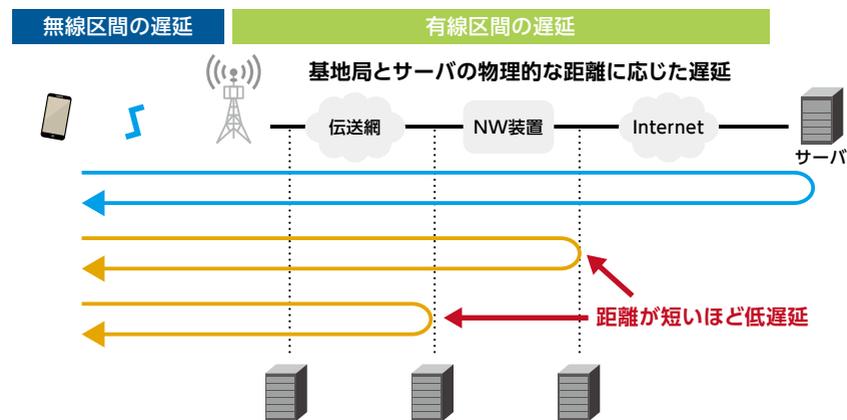
細分化イメージ



上のグラフで振幅と位相の意味、そして細分化のイメージを把握してほしい。ある周波数の電波の波を細分化することで、そこに載せる情報量を増やす方法である。

図8 低遅延を実現する技術：MEC

通信先であるサーバを近くに置くことで低遅延を実現



※ MEC: Multi-Access Edge Computingの略