

## 高度無線活用事例集

高度無線技術を活用する多様な通信環境とユースケースについて  
～マルチコネクティブネットワークの活用～

2020年度 Ver.1.0

2021年3月  
一般財団法人全国地域情報化推進協会  
ICT利活用地域イノベーション委員会



一般財団法人 全国地域情報化推進協会  
The Association for Promotion of Public Local Information and Communication

## はじめに

私たちはICTの劇的な変化の中で生活しています。身近なところでは、パソコン、携帯電話、スマートフォンの普及により各機器の小型高性能化が加速しました。そしてそれらの基盤となる無線、光ネットワークを構成するサーバ、中継装置、回線、端末装置の高度化も進みました。

そして、各機器に搭載される電子機器の小型化高度化がセンサーの高度化にも寄与し、まさに今、ウェブ上にあるデータの活用からリアルな社会にあるデータの取得と活用の時代に移行しようとしています。

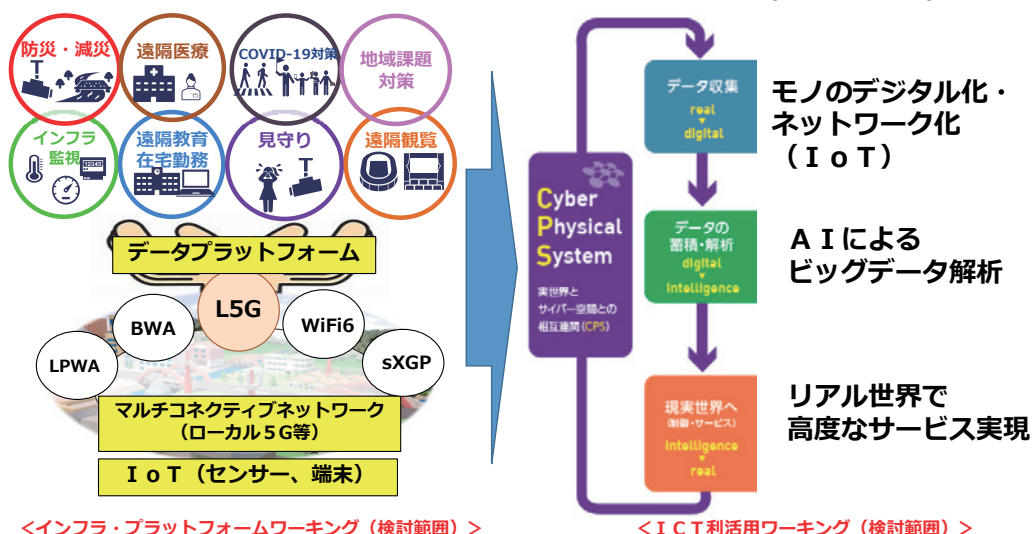
一方で、自治体職員等の利用者ファーストで見ると、多くのサービスが世の中に出現し、高速性、伝搬範囲の拡大等機能を日々向上させる中どの技術を採用して最適な環境を創るべきかはますます分かりにくくなっています。今年度は、「二軸」により高度無線技術を整理することで、そのような問題解決に資することを目標に整理しました。

## 多様な通信環境からなるワイヤレス・マルチコネクティブネットワーク

「(デジタル・トランスフォーメーション (DX)) 革命がもたらす「データ駆動型社会」は多様な通信環境からなるマルチコネクティブネットワークと光ファイバに支えられて実現する

CPSによるデータ駆動型社会の実現

※CPS: Cyber Physical System

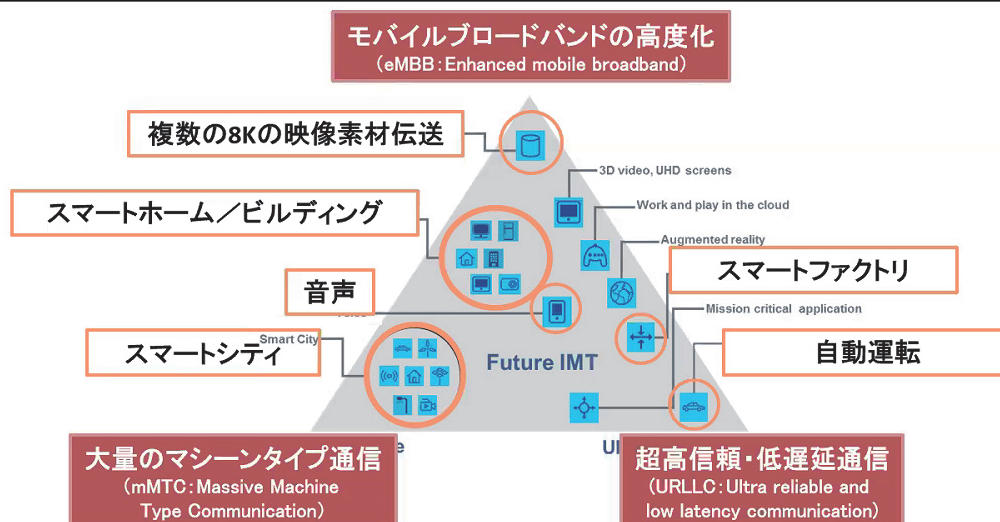


## 5 Gの利活用パターン

5 Gはモジュールベースのシステム⇒必要な機能を必要な場所に提供

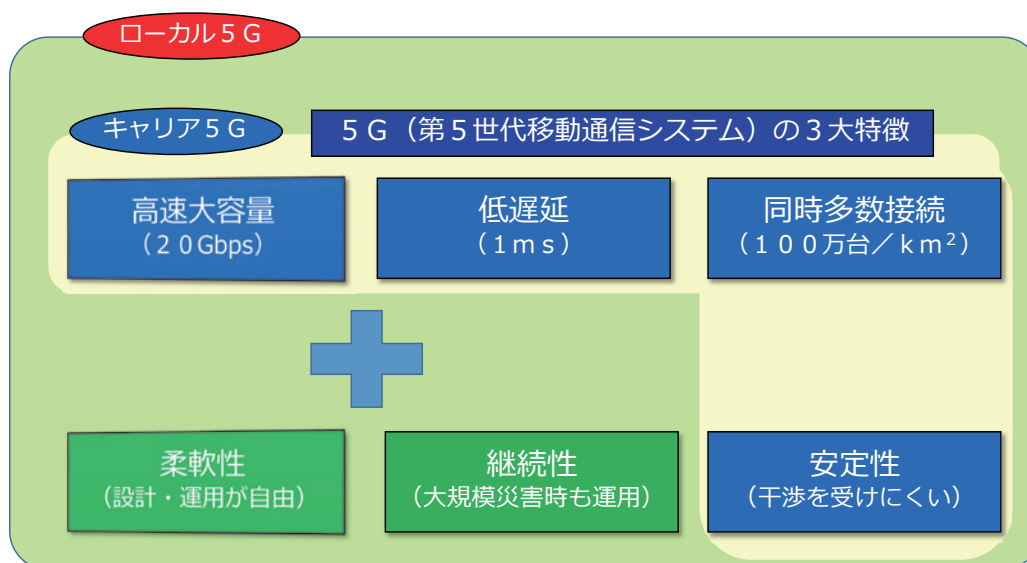
モバイルブロードバンドの高速化 (eMBB)  
 大量のマシンタイプ通信 (mMTC)  
 超高信頼・低遅延通信 (URLLC)

各スペックを柔軟に変化させ、  
**ユーザが望む性能やコストを実現**



出典：ITU-R IMTビジョン勧告 (M.2083) をベースに総務省作成

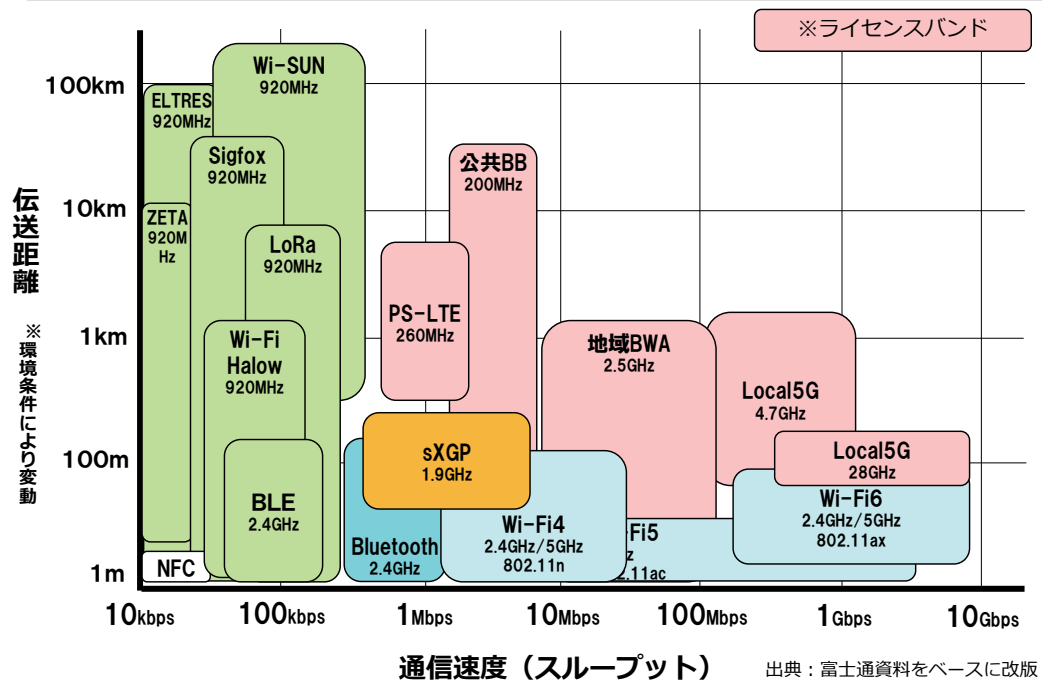
## ローカル5 Gの特徴



※ローカル5 Gに類似するプライベート5 Gは自営でなくキャリア5 Gによる閉域網サービスであるため、柔軟性・継続性という特徴は持たない。

## 高度無線活用パターンの分類について

## 通信速度×距離による高度無線活用パターン

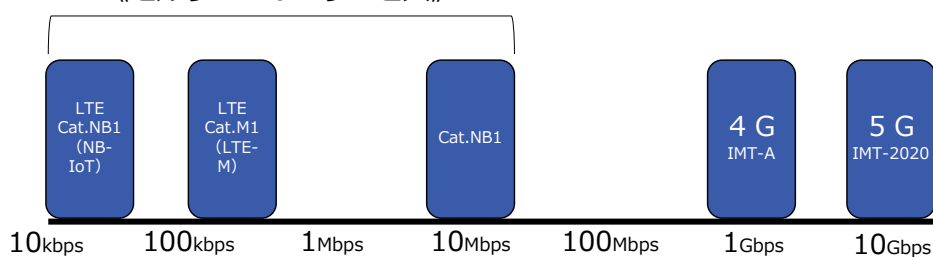


## キャリアサービスによる高度無線活用パターン

### キャリアサービスの特徴

- ・『ユニバーサル』 : 世界／全国規模の広範囲サービスが展開可能
- ・『事業採算性』 : 都市部におけるサービス展開が非常に早い
- ・『クラウド型』 : 自営網に比べてイニシャルコストが安い

### 《セルラーIoTサービス》

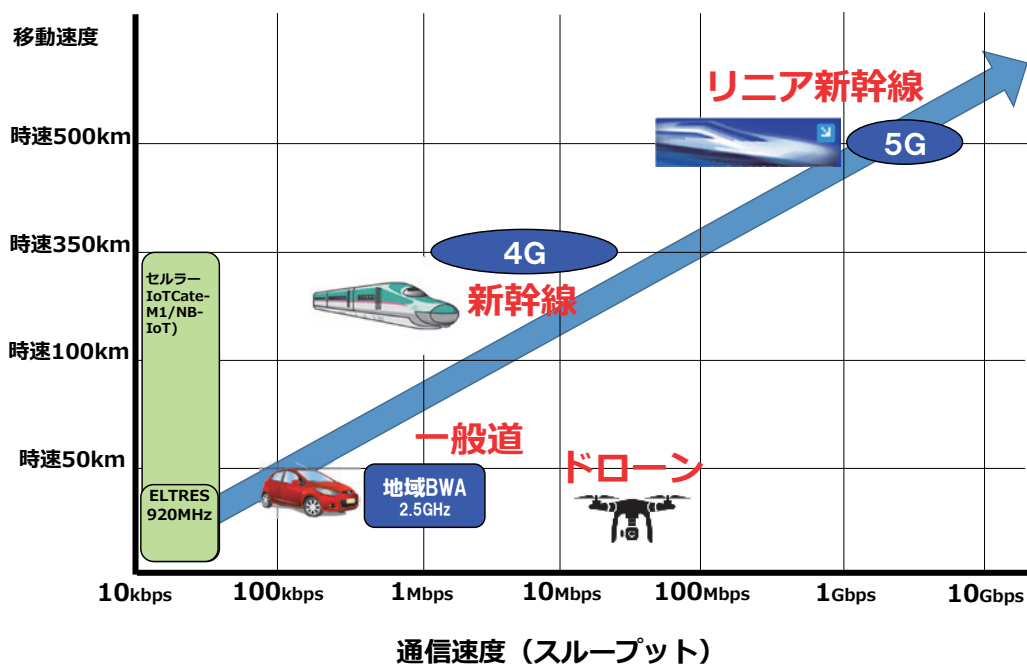


一般財団法人 全国地域情報化推進協会

The Association for Promotion of Public Social Information and Communication

8

## 通信速度×移動速度（モビリティ）による高度無線活用パターン



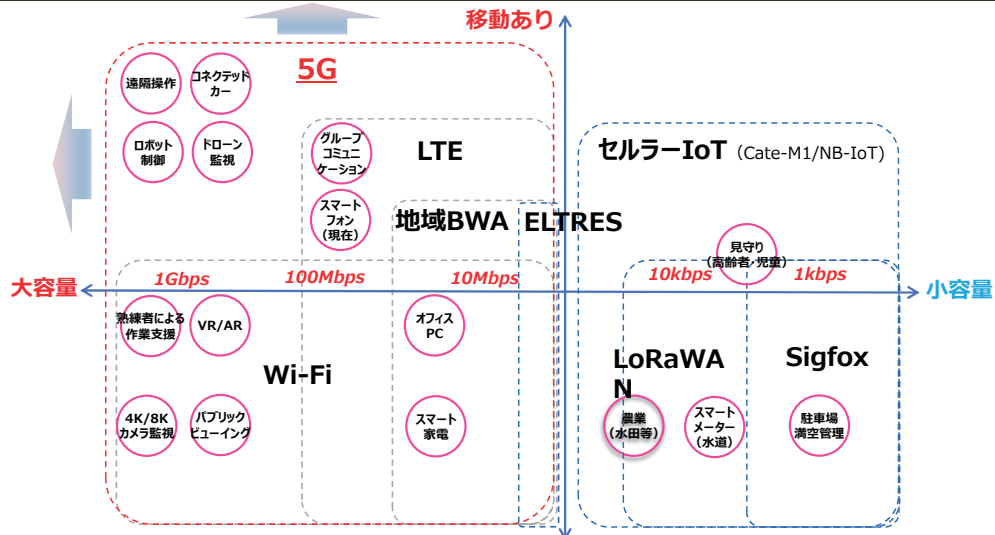
一般財団法人 全国地域情報化推進協会

The Association for Promotion of Public Social Information and Communication

9

## 通信速度×移動速度（モビリティ）に観る 5 G の優位性

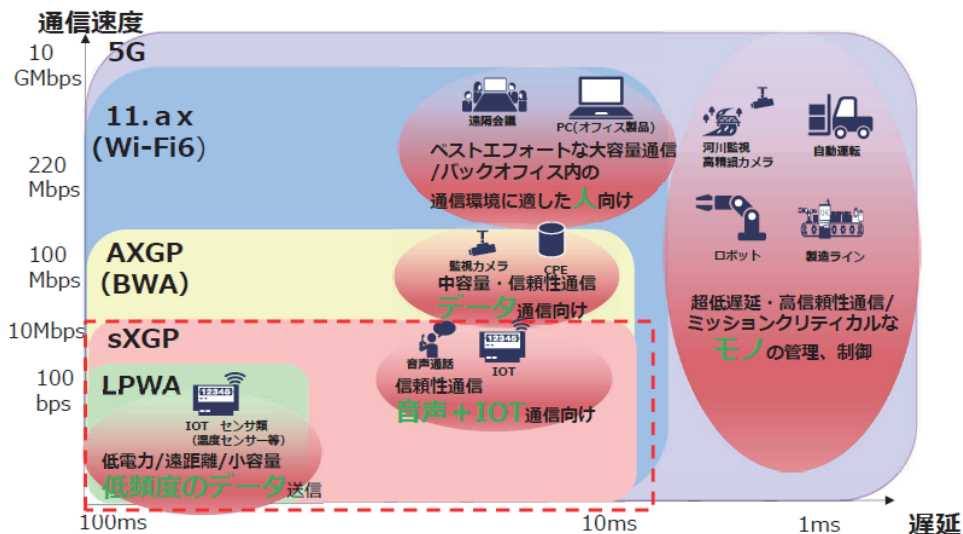
- 「5 G」と「Wi-Fi」の差は、「移動（モビリティ）」、「低遅延」および干渉を受けにくい「安定性」である。
- ・操作、ロボット制御、4K/8K映像によるカメラ監視など多くのユースケースで5G無線アクセスの特徴を活かすことができる。



出典：西日本電信電話株式会社資料をベースに改版

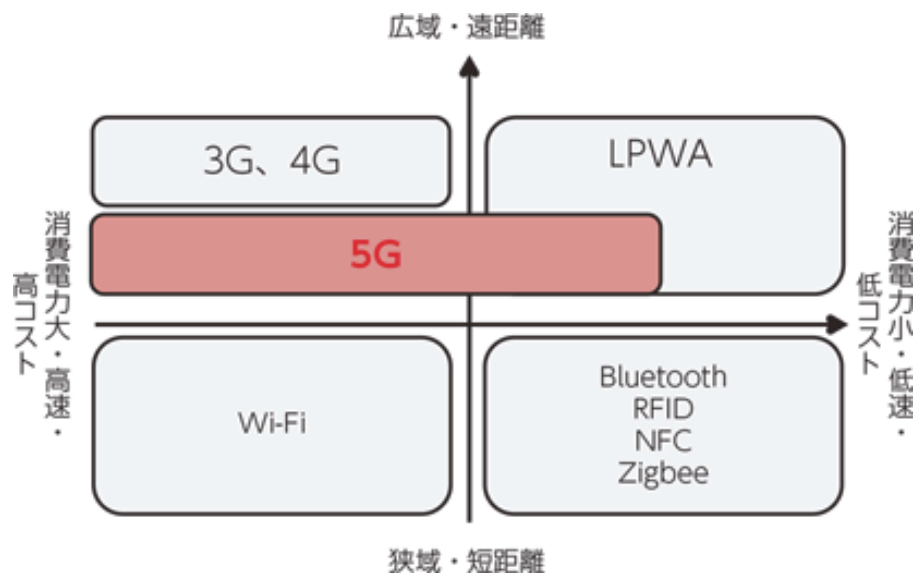
## 通信速度×遅延時間による高度無線活用パターン

- リアルタイム性を求めるサービスには「低遅延」が必須。



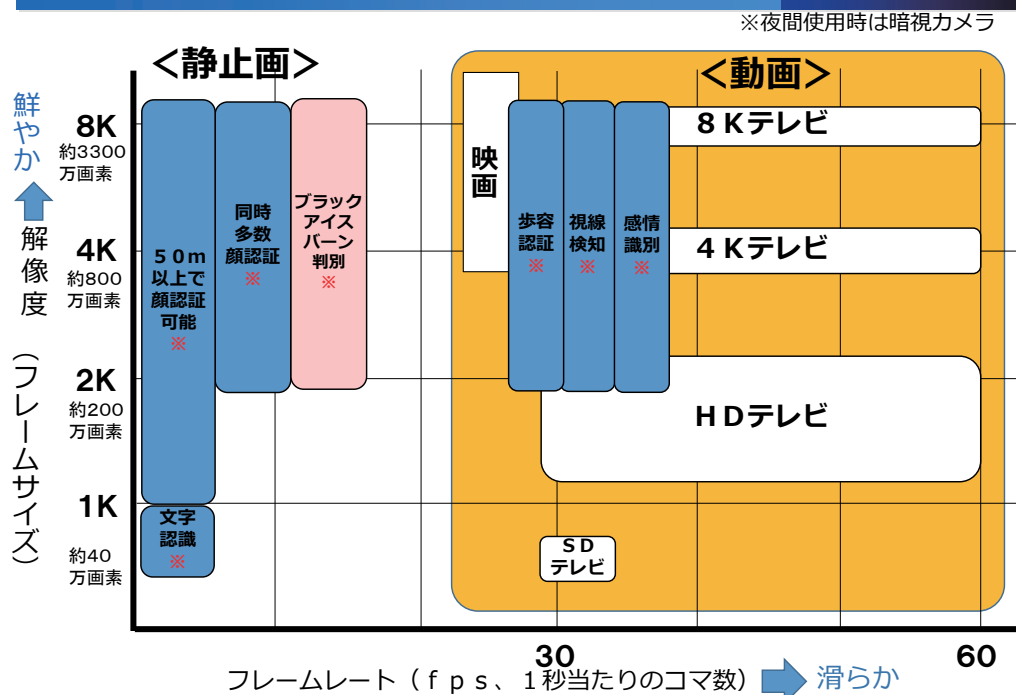
出典：N E C ネットエスアイ株式会社をベースに改版

## コスト・消費電力・通信速度×距離による高度無線活用パターン



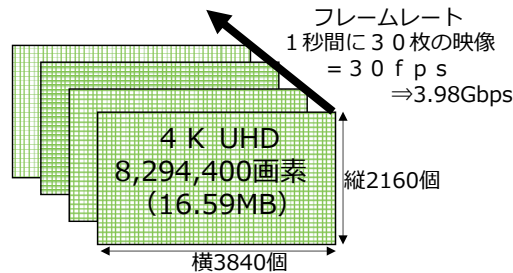
(出典) 平成29年版情報通信白書 (一部改変)

## 画像の利活用パターン



## 映像伝送の通信速度について

『通信速度』 = 『画素数』 × 『フレームレート』



『画素数』 (画像解像度)  
横×縦の画素の個数 (1画素は16bit構成)

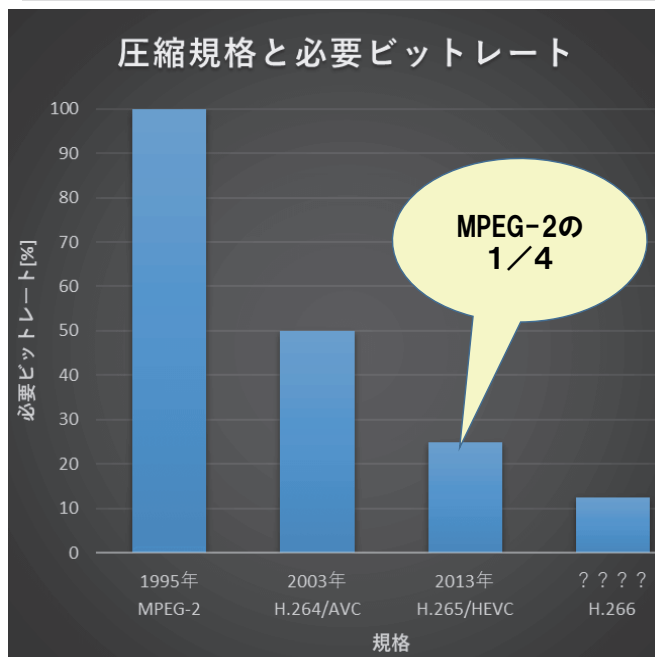
『フレームレート』 fps (frame per second)  
1秒間に出力する画像枚数

『通信速度』 = 『画素数×16bit』 × 『フレームレート』  
= 16bit×3840個×2160個×30fps (4Kの場合)  
= 3.98Gbps ⇒ 実際は圧縮して送信している

テレビ /ネットワークカメラ	画素数 (解像度)	全画素数
QQVGA	160×120	19,200
ワンセグ	300×240	72,000
QVGA	320×240	76,800
3CIF	352×288	101,376
Half-D1	720×240	172,800
VGA	640×480	307,200
D1 (SD)	720×480	345,600
WVGA	800×480	384,000
HD	1280×720	921,600
SXVGA	1280×960	1,228,800
フルHD	1920×1080	2,073,600
2K	2560×1440	3,686,400
4K UHD	3840×2160	8,294,400
8K UHD	7680×4320	33,177,600

ネットワークカメラで採用される圧縮技術 (1/40程度に圧縮)  
静止画・JPEG  
動画・MPEG-4  
・H.264 (MPEG-4 AVC)

## 画像圧縮技術の進化 (圧縮率が倍倍ゲームで進化)



MPEG-2 : 1995年規格化  
DVD Video、Blu-ray Video

H.264/AVC : 2003年規格化  
Blu-ray、ワンセグ

H.265/HEVC : 2013年規格化  
UHD (UltraHD=4K,8K,スーパーハイビジョン)

H.266/VVC・・・2020年規格化  
開発中

H.265/HEVCと比べてビットレートを約50%削減可能



## 画像圧縮技術について

解像度	無圧縮	MPEG2	H.264/ MPG4-AVC	H.265/ HEVC
WVGA (800×480、30fps)	184.32Mbps	3.2Mbps	1.6Mbps	0.8Mbps
フルHD (1920×1080、30fps)	995.33Mbps	6.4Mbps	3.2Mbps	1.6Mbps
4K (3840×2160、30fps)	3.98Gbps	—	—	10Mbps
4K (3840×2160、60fps)	7.96Gbps	—	—	20Mbps
8K (7680×4320、30fps)	15.93Gbps	—	—	40Mbps

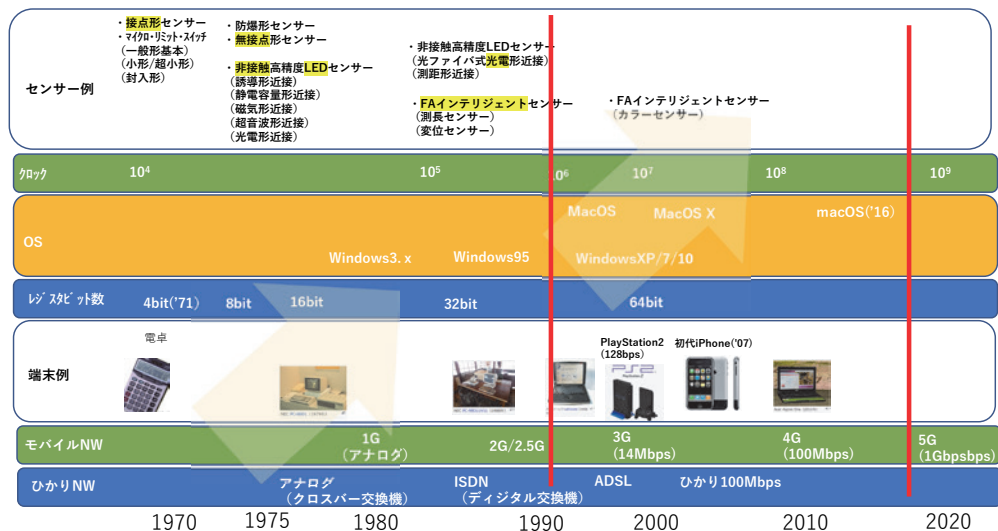
※運用上は高速・中速・低速、及び品質レベルに応じて時間変化する画素数が減少する為、ビットレートは更に下がる。

※音声付きの場合は映像ビットレート[kbps] + 音声ビットレート[128kbps] の両方を加算

## I o Tを支えるセンサーについて

## センサーの発展の歴史（1990年に出来た事と2020年に出来る事）

- PC、モバイルの進化がCPUの進化をもたらし、さらにセンサーの小型化と高度化に結び付いたことでIoT時代が訪れた。
- 新術開発によりスマホへのメール通知サービスなど昔は出来なかったデータ連携サービスが可能となった。



## センサー技術の進化

- 多種多様なセンサーで状態をデータ化

- 振動検知センサー
- ガス漏れセンサー
- 騒音計
- 転倒検知センサー
- 風向風速センサー



- 地すべり検知センサー



- 炎検知センサー



- 侵入検知センサー



- 漏水センサー



- 流量検知センサー



## センサーの種類

※各センサは技術の進展により複数の技術方式へ更に細分類される。

センサ	特徴
光電センサ	光量を受光部で検出し出力信号を得る。色判別が可能。
照度センサ	周囲の明るさを感じ取るセンサ。
ファイバセンサ	光電センサの光源に光ファイバを連結し、微小ワークや高温場所で検出が可能。
レーザセンサ	直進性のある「レーザ」を採用し、光軸合わせや検出位置の特定が容易になる。
カラーセンサ	光を投光部から発射し、反射する光を受光部で検出する光電センサの一種。
近接センサ	非接触で検出物体が近づいたことを検出するセンサ。
渦電流式変位センサ	電磁誘導作用によって発生する高周波磁界を利用し、対象物との距離を測定するセンサ
接触式変位センサ	検出体に接触子が直接触れることで位置を測定するセンサ。
超音波センサ	超音波を使用して時間を計測することにより距離を測定するセンサ。
画像判別センサ(イメージセンサ)	カメラで撮影した画像を使用して対象物の有無や違いを判別するセンサ。
トルクセンサ	反作用トルクおよび回転トルクを測定するセンサ。
フローセンサ	さまざまな液体の流量を計測するセンサ。
空気流量センサ	内燃機関の吸気・肺活量などを計測するセンサ。
位置センサ	対象物の動きを察知して、測定軌道に沿った位置を知るセンサ。
地磁気センサ	地球を取り巻く磁気を検知し、磁場の大きさ、方角を知るセンサ。
水位センサ	水位を計測するセンサ。
流量センサ	気体や液体が単位時間に流れる量を検出するセンサ。
湿度センサ	水蒸気を検知および測定するセンサ。
温度センサ	温度を計測するセンサ。
荷重センサ	対象物にかかる力を計測するセンサ。
圧力センサ	かかる圧力の大きさに応じてそれを電気的信号に変換するセンサ。
加速度センサ	デバイスまたはシステムの加速度や振動を測定する加速度センサ。
変位センサ	対象物までの距離を測定するセンサ。
速度センサ	対象物の速度を測定するセンサ。
回転角センサ	回転する物体と回転しない物体との間の回転の差分を検出するセンサ。
ジャイロセンサ(角速度センサ)	傾きや角度、角速度を検知し、揺れを検知するセンサ。
音波・超音波センサ	音波・超音波により対象物の有無や対象物までの距離を検出するセンサ。
音量センサ	音の大きさを検出するセンサ。
ガスセンサ	ガス濃度を検出するセンサ。
イオンセンサ	特定のイオン濃度を検出するセンサ。

## バイタルセンサー（Smart Watch等）について

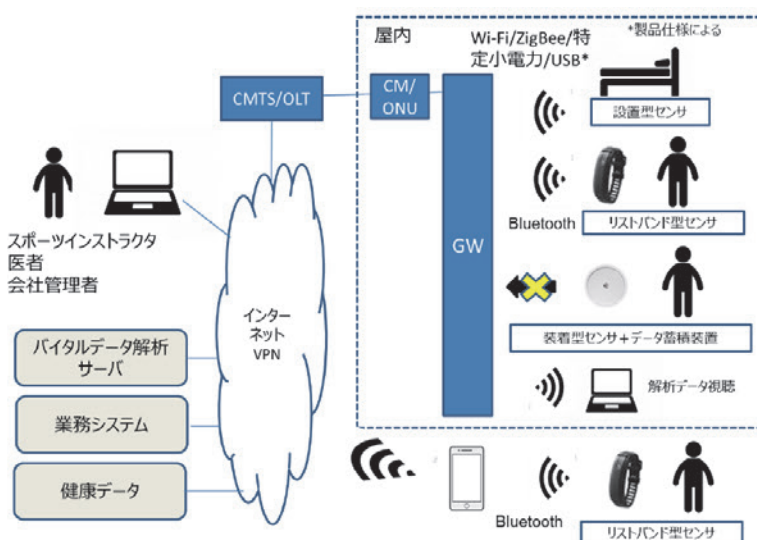
- ▶ バイタルセンサーの登場によりヘルスデータを活用した健康管理（血糖値、熱中症、睡眠、体調など）、感情データ観察、高齢者見守り、ペット見守りなどの新サービスが可能となる。

### Apple Watch



- ・血中酸素濃度
- ・電気心拍数
- ・万歩計
- ・心拍計
- ・カロリー
- ・睡眠アプリ
- ・ファミリー共有設定
- ・Bluetooth

### <バイタルセンサー活用システム例>

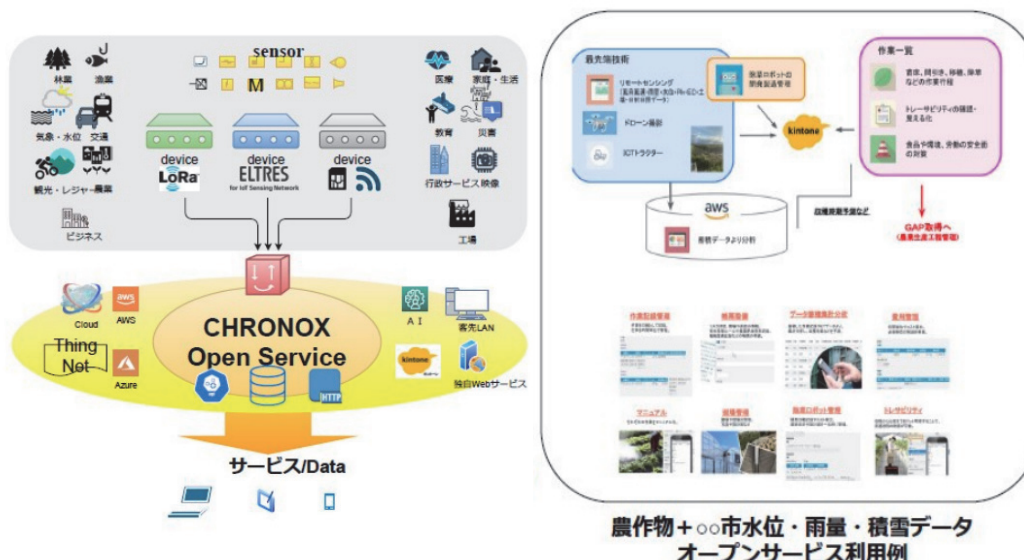


## センサー・インタフェース

インタフェース	概要
接点インタフェース	無電圧接点信号
アナログインタフェース	アナログ出力
デジタルインパルスインタフェース	インパルス応答を測定する距離センサに用いる。
シリアルデータ	R S 2 3 2 C
L A Nインタフェース	I Pネットワーク（L A N）

## A P I 連携 CHRONOX Open Service (COS)

- センサー機器、アナログ機器(マイコン)、各種計測機器から得られる情報をAPI連携でオープンにデータ提供する。データ処理の一連の流れを設計、構築、サービス化したシステムを提供可能。



## 参考資料

## Wi-Fi 規格分類

IEEE802	11	11b	11a	11g	11n	11ac	11ax
	WiFi 0	WiFi 1	WiFi 2	WiFi 3	Wi-Fi 4	Wi-Fi 5	Wi-Fi 6
周波数帯	2.4GHz	2.4GHz	5GHz	2.4GHz	2.4GHz / 5GHz	5GHz	2.4GHz / 5GHz
最大速度	2Mbps	11Mbps	54Mbps	54Mbps	600Mbps	6.9Gbps	9.6Gbps
最大スループット				約150Mbps		約800Mbps	1Gbps～
利用可能チャンネル数		14ch	19ch	13ch	13 / 19ch		
同時使用チャンネル数		4ch	19ch	4ch	2ch / 9ch		
チャンネル幅		22MHz	20MHz	20MHz	20MHz / 40MHz	80MHz	
変調方式					64QAM	256QAM	1024QAM
多重方式		DSSS	OFDM	DSSS / OFDM	OFDM	OFDM	OFDMA
MU-MIMO						下りのみ	上り / 下り
空間ストリーム (MIMO)					最大4	最大8	最大8
屋外利用		○	×	○	△		
IEEE802.11bとの互換性		—	×	○	○		
セキュリティ					WPA2	WPA2	WPA3
策定期間	1997年	1999年10月	1999年10月	2003年6月	2009年9月	2013年12月	2020年予定

## Wi-Fi 新規格の検討状況

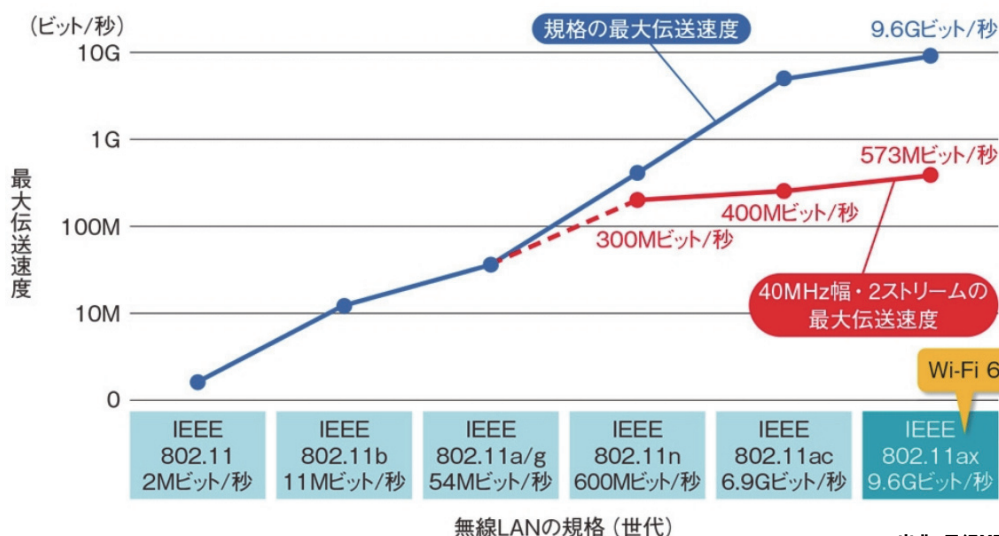
IEEE 802.11ax (Wi-Fi 6)の後継規格 ⇒IEEE 802.11be (Wi-Fi 7)  
PHYの最大スループットは最低でも30Gbps (ローカル 5 Gは10Gbps  
／20Gbps) ⇒2024年商用化を目指して検討中

	Wi-Fi 4	Wi-Fi 5	Wi-Fi 6	Wi-Fi 6E	Wi-Fi 7
IEEE標準	802.11n	802.11ac	802.11ax		802.11be
最大通信 レート	1.2Gbps	3.5Gbps	9.6Gbps		46Gbps
利用周波数	2.4GHz帯	5GHz帯	2.4GHz帯 5GHz帯	6GHz帯	2.4GHz帯 5GHz帯 6GHz帯
最大帯域幅	40MHz幅	160MHz幅	160MHz幅		320MHz幅
最大変調	64QAM	256QAM	1024QAM		4096QAM
最大MIMO	4×4	4×4	8×8		16×16

※日本国内では6GHz帯のWi-Fi利用は困難。

## 無線LAN規格の最大伝送速度と一般的なオフィス環境の最大伝送速度

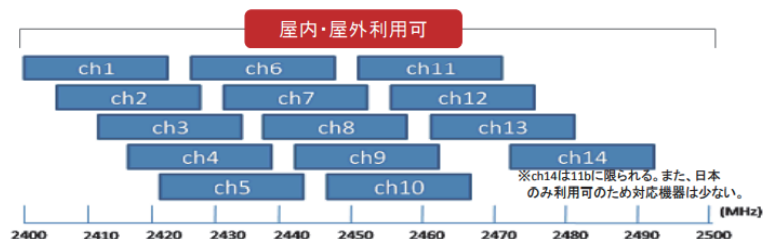
9.6Gビット/秒のWi-Fi 6が規格の最大伝送速度を実現するには8チャンネル（160MHz幅）と8ストリームが必須となる。しかし、オフィス環境ではアクセスポイント（AP）同士の干渉を防ぐため、通常2チャンネル（40MHz幅）以下で運用しているので、40MHz幅および2ストリームの環境では、Wi-Fi 6でも最大伝送速度は573Mビット/秒になる。



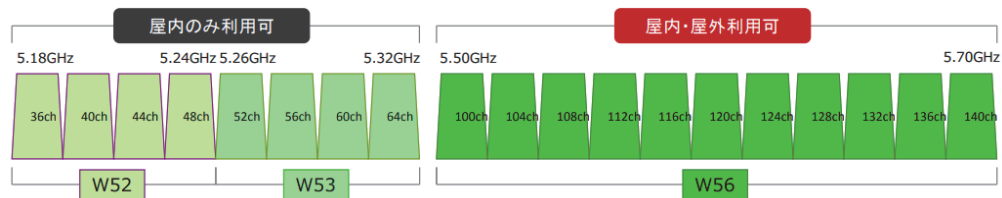
## IEEE 802.11 仕様で定められたチャンネルと使用する周波数帯

### 2.4GHz帯の周波数帯

日本国内で利用できるチャンネル数は14CH。但し、チャンネル幅が規格上22MHzであるため、11b/gで干渉なしで通信できる最大チャンネル数は4個（1ch、6ch、11ch、14ch）



### 5 GHz帯の周波数帯



## 《留意点》 ライセンス費用（ランニングコスト）

Wi-Fi導入にあたり、機種によってはインisialコスト以外にライセンス費用等によりランニングコストの負担がかかる場合がある。

#### ライセンス

- ・保守ライセンス

#### 法人向けアクセスポイントの管理ツール

- ・アクセスポイント一括集中監視

#### 運用代行サービス

- ・社内用、ゲスト用SSIDの運用管理
- ・ユーザーアカウントの登録、変更、削除
- ・パスワードの変更
- ・Wi-Fi環境の最適化
- ・Wi-Fi利用時間のスケジュールリング
- ・アクセス先制御（SSIDごとのIP、ポート制御）
- ・ファームウェアのアップデート
- ・無線アクセスポイント（無線AP）の死活監視

#### 遠隔サポート（クラウドサービス）

- ・機能設定等の遠隔制御



## LPWA (IoT通信) 比較

	SIGFOX	LoRaWAN	ZETA	ELTRES	Wi-SUN	Wi-Fi Halow	ZigBee	Bluetooth	LTE Cat.NB1 (NB-IoT)	LTE Cat.M1 (LTE-M)	Cat.NB1
キャリア周波数	920 MHz	920 MHz	920 MHz	920 MHz	920 MHz	920 MHz	2.4 GHz	2.4 GHz	LTE帯域	LTE帯域	LTE帯域
通信速度	100 bps	250bps - 50kbps	100 bps~ 50 kbps	~ 150kbps	50k - 400 Kbps	150 kbps - 4 Mbps (1MHz)	250 kbps	1 Mbps	下り 29kbps 上り 63kbps	下り 300kbps 上り 375kbps	下り 10Mbps 上り 5Mbps
通信距離	~50 km	~15 km	~10km	~100km以上	~1 km	~1 km	~100 m	~100 m	~40 km		
ネットワーク トポロジー	Star	Peer-to-peer, Star, (Multi Hop)			Peer-to-peer, Star, Tree, Mesh, Multi Hop	Peer-to-peer, Star, Multi Hop	Peer-to-peer, Star, Tree, Mesh	Peer-to-peer, Star	Star, Tree		
送信出力				20mW					20または 23dBm	20または 23dBm	23dBm
消費電力											
備考				上り 片方向通信					半2重 定点通信	全/半2重 移動体通信	全2重 移動体通信

## Bluetooth比較 (PAN : パーソナルエリアネットワーク)

	Bluetooth 3	Bluetooth 4	Bluetooth 5	Bluetooth 5.1
キャリア周波数	2.4GHz	2.4GHz	2.4GHz	2.4GHz
通信速度	24Mbps/3Mbps/ 1Mbps	1Mbps	2Mbps	2Mbps
ブロードキャスト通信容量				8倍
通信距離		~100 m	~400m	~400m
ネットワークトポロジー		Peer-to-peer,Star	Peer-to-peer,Star,mesh	Peer-to-peer,Star,mesh
送信出力	100mW			
消費電力				
リリース		2010年	2016年	2019年
備考	マウス ワイヤレスイヤホンなど	IoT向け	スピーカー ウェアラブル・デバイス	「方向探知機能」追加