

# SWEST24 セッションs4a

## 5G & Beyond

### ～その先へ～

高瀬 英希  
(東京大学)

菊地 俊介  
(さくらインターネット)



本研究開発の成果の一部は  
国立研究開発法人情報通信研究機構の  
委託研究 (04001) により得られるものです

# 講師の紹介



@takasehideki

組込みカーネル技術 / システムレベル設計技術  
通信ミドルウェア / IoTコンピューティング



@kikuzo

データセンターネットワーク / ICN/CCN  
分散/エッジ/フォグコンピューティング

Special Thanks,,,



# 本セッションの狙いと内容(とおことわり)



- 素人なりに約1年ほど研究開発やってみて培ってきた知識と技術を、組み込み/IoTな皆さんに**びよ〜ん**と共有します



## • 内容

- そもそも5Gとはなんなのか？そしてBeyond 5G(B5G)とは？
- 5Gの組み上げ方とOSS for 5G/B5G
- MECとlocal 5G(L5G)：CS屋さんの見る5Gの新機軸
- 今すぐ始めたい組み込み屋さんのモジュールカタログ
- local 5Gやってみた@NAIST
- B5G.ex 研究開発プロジェクトのご紹介 [\(別資料・DL不可\)](#)  
<https://drive.google.com/file/d/1X1UZF3vTNMgor-0pcWToJzNMobmVpuj3/view?usp=sharing>
- B5Gによるアプリケーションの開拓 by kikuzo



# そもそも誰がつくっているの？

- 正式名称：第5世代移動通信システム
  - **5**th **G**eneration Mobile Communication System
- 規格化団体：国際電気通信連合 無線通信部門
  - International Telecommunication Union, Radiocommunication Sector
  - 1865年設立の万国通信連合が源流（世界最古の国際機関とも）
    - ✓ ITU加盟国 193／部門・準部門構成員 537／学会会員 163（2020年12月時点）
  - 専門家会合：WP5D (Working Party 5D)
- 標準化団体：3GPP (Third Generation Partnership Project)
  - 仕様策定の中心組織（他にもいろいろ存在する）



# 5G標準化のプロセス

## ① 要求条件をまとめたIMTビジョン勧告の策定

➤ ITU-R勧告M.2083, 2015年9月

## ② 要求条件をもとにした標準仕様の作成

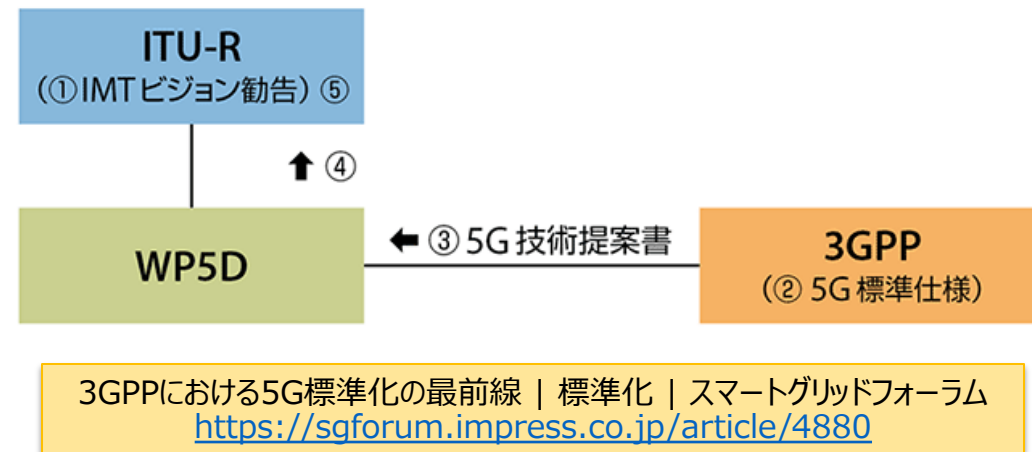
## ③ 5G技術提案書の提出

## ④ 要求条件を満たしているか審議

## ⑤ 最終確認, 標準 (勧告) の策定

### • 5G標準化の変遷

- Release 15@2017/12 : 主要仕様の標準化・NSA/SA無線方式
- Release 16@2020/06 : コアネットワーク機能
- Release 17@2022/03 : mMTC追加・eMBB/URLLC機能の拡充



# そして5G時代の到来！



Demystifying 3GPP – An insider’s perspective to how 4G and 5G standards get created | Qualcomm  
<https://www.qualcomm.com/news/onq/2017/08/demystifying-3gpp-insiders-perspective-how-4g-and-5g-standards-get-created>

## 5Gは、IoT時代のICT基盤

移動体無線技術の高速・大容量化路線

2G → 3G → 4G → 5G

**超低遅延**

⇒ 2時間の映画を3秒でダウンロード

**超低遅延**

利用者が遅延(タイムラグ)を意識することなく、リアルタイムに遠隔地のロボット等を操作・制御

⇒ ロボット等の精緻な操作をリアルタイム通信で実現

**多数同時接続**

スマホ、PCをはじめ、身の回りのあらゆる機器がネットに接続

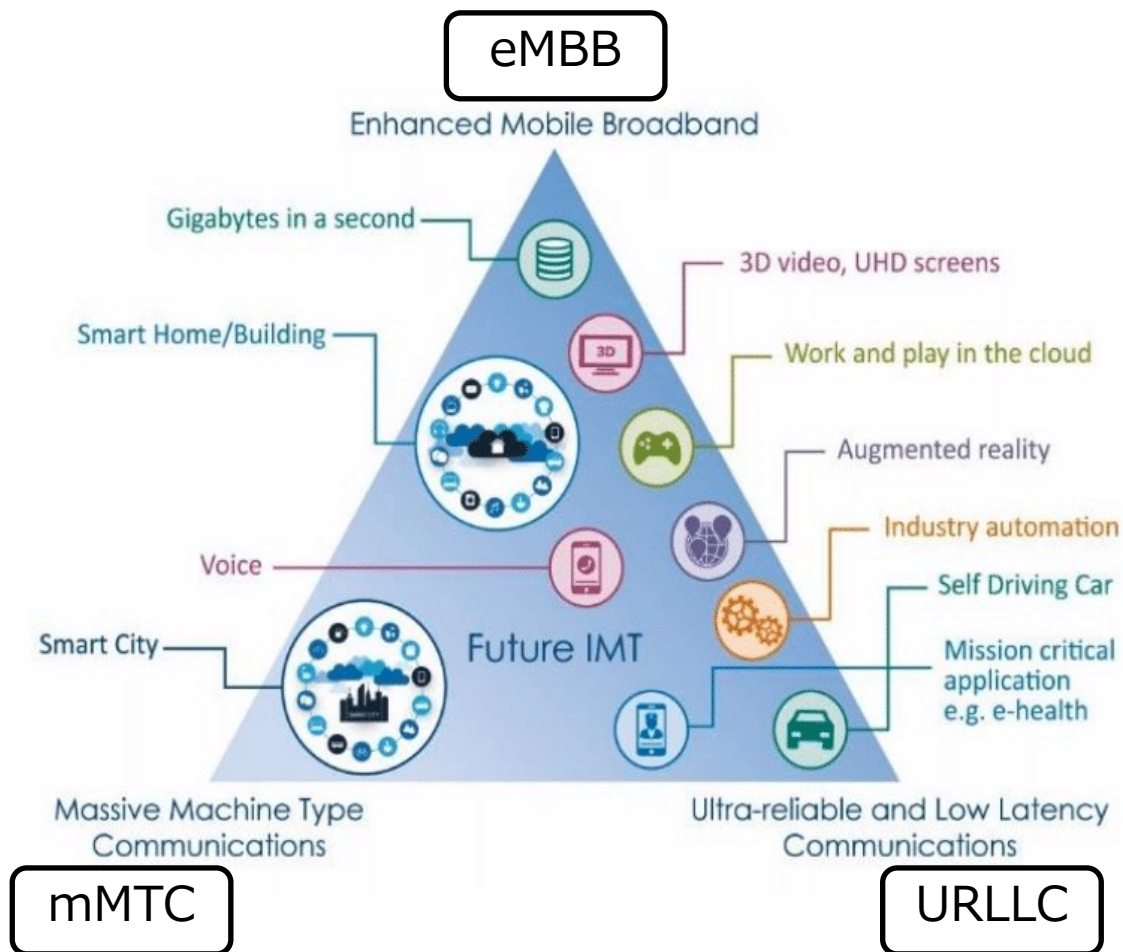
⇒ 自宅屋内の約100個の端末・センサーがネットに接続 (現行技術では、スマホ、PCなど数個)

超高速度  
現在の移動通信システムより100倍速いブロードバンドサービスを提供

社会的なインパクト大

総務省 | 情報通信審議会 | 情報通信審議会 情報通信技術分科会  
 新世代モバイル通信システム委員会 (第10回)  
[https://www.soumu.go.jp/main\\_sosiki/joho\\_tsusin/policyrep\\_orts/joho\\_tsusin/5th\\_generation/02kiban14\\_04000608.html](https://www.soumu.go.jp/main_sosiki/joho_tsusin/policyrep_orts/joho_tsusin/5th_generation/02kiban14_04000608.html)

# 5Gの三基軸 (ユースシナリオ)



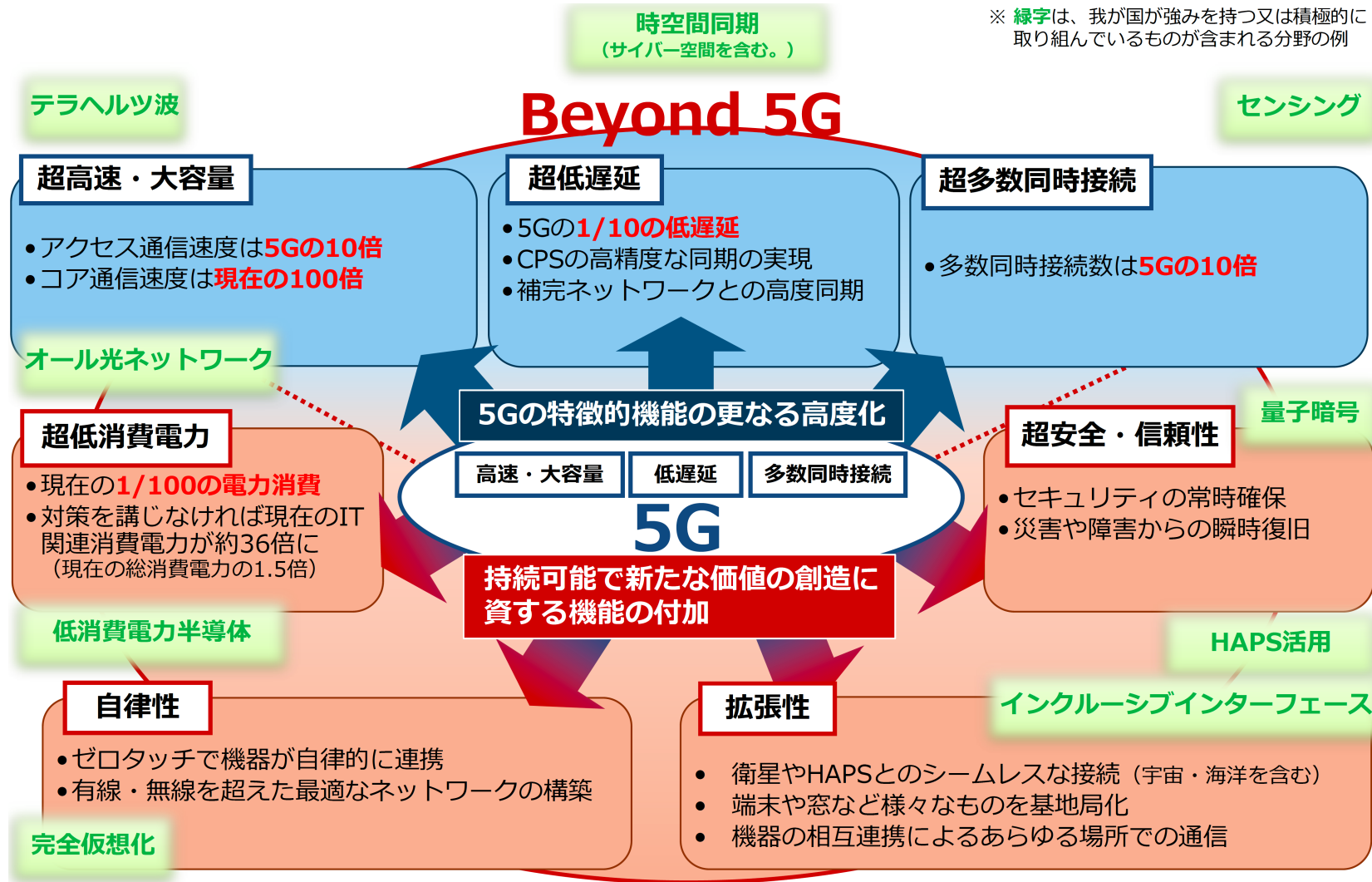
- eMBB : 超高速・大容量
  - 20Gbpsのピーク伝送速度
  - 4G比で単位面積当たりのシステム容量1,000倍
- URLLC : 超低遅延
  - 1ms以下の遅延かつ99.999%以上の伝送を保証
- mMTC : 超多数同時接続
  - 100万台/km<sup>2</sup> の接続端末を同時に収容

## 【ポイント】

- 5Gになれば3つを同時に達成できるわけではない！  
(そういう要求条件でもない)
- 電波／帯域は有限であり、トレードオフ関係にある

Setting the Scene for 5G: Opportunities & Challenges  
[https://www.itu.int/en/ITU-D/Documents/ITU\\_5G\\_REPORT-2018.pdf](https://www.itu.int/en/ITU-D/Documents/ITU_5G_REPORT-2018.pdf)

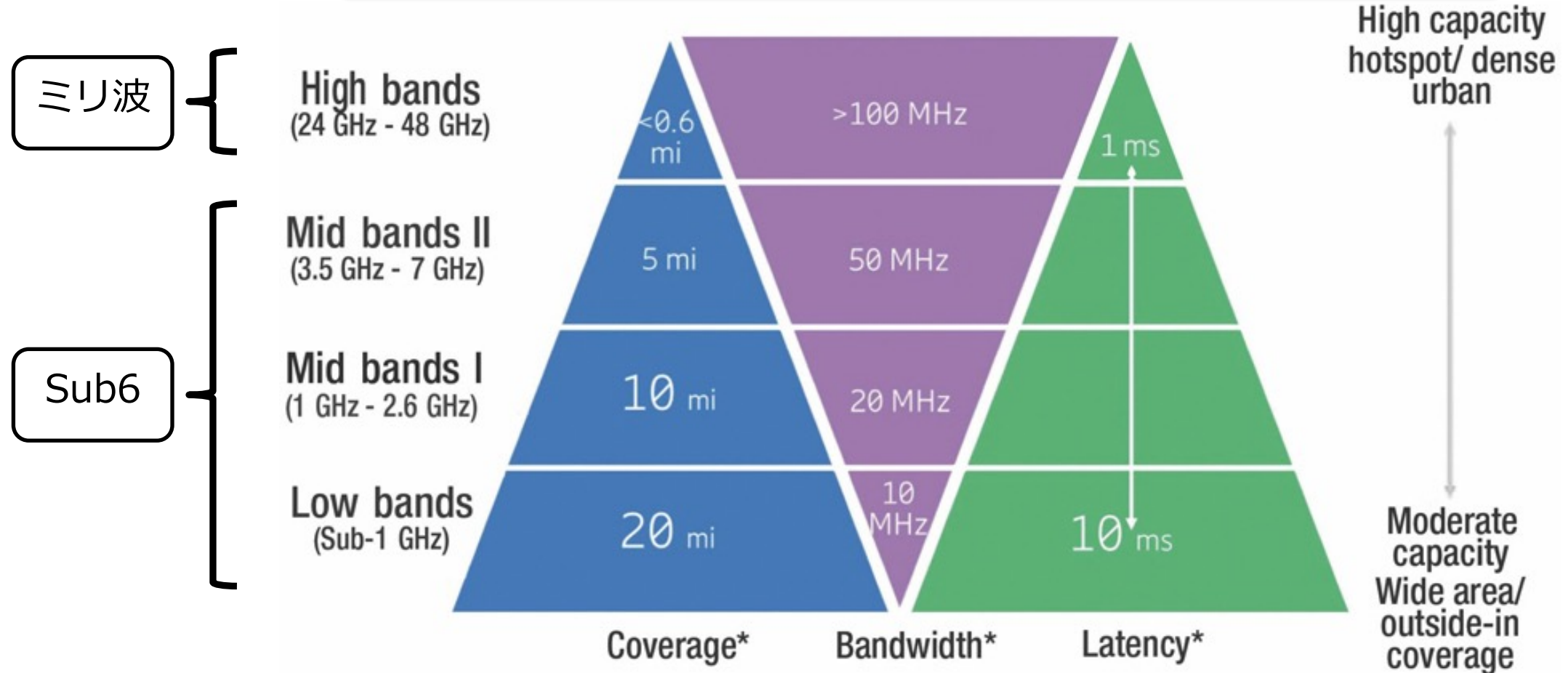
# さらに時代はBeyond 5Gへ！





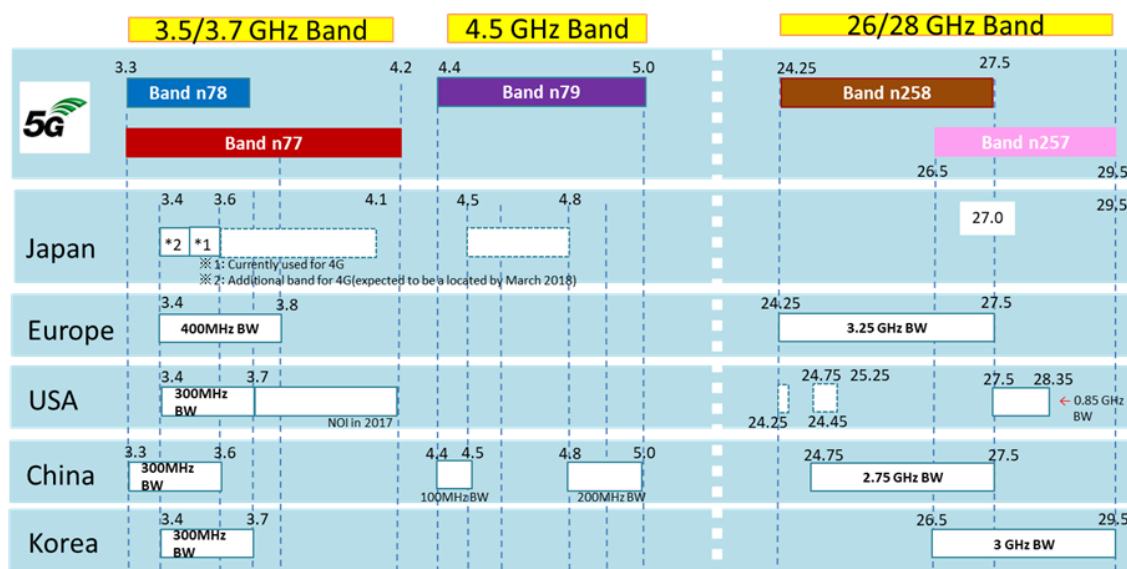
# 周波数帯と通信性能の関係

周波数 ↑ ⇔ 通信範囲 ↓ ⇔ スループット・遅延 ↑



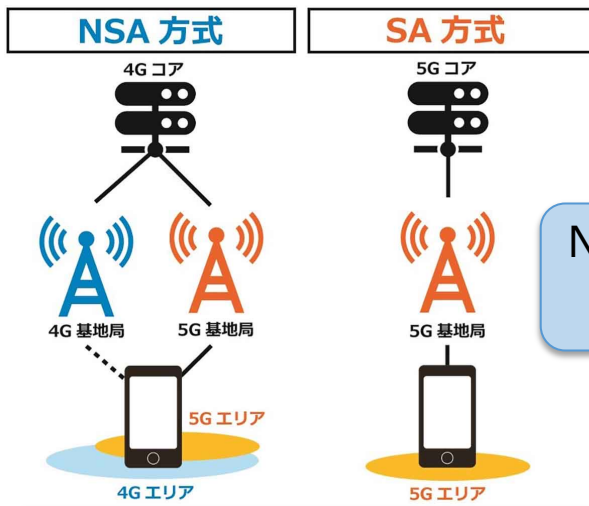
5G Low Latency Requirements | <https://broadbandlibrary.com/5g-low-latency-requirements/>

# 5Gの周波数帯割り当てと設備方式



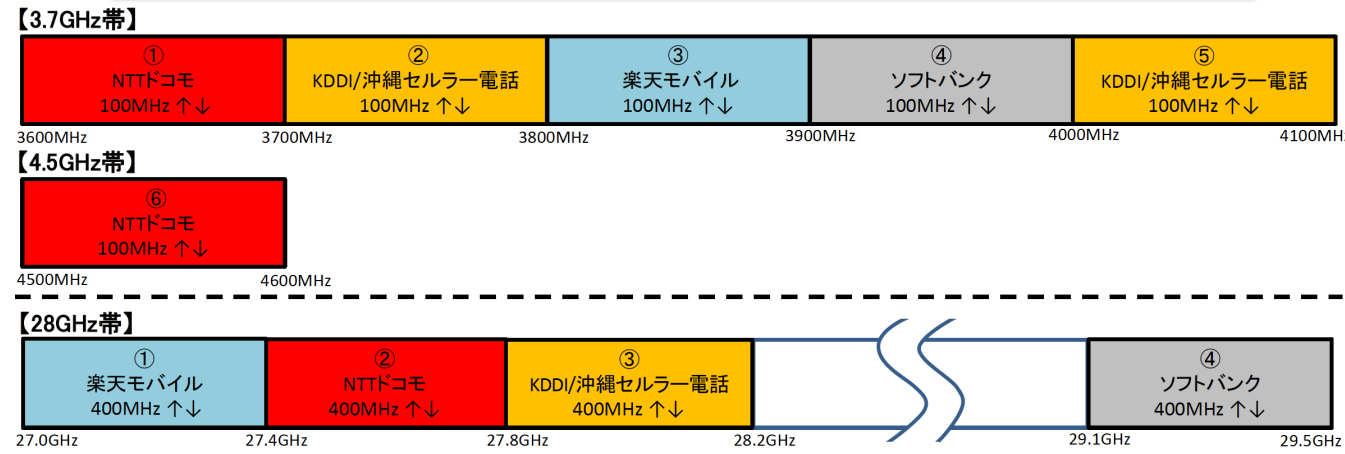
Zuken Inc. mail magazine site. マイクロ波帯からミリ波帯へと変化する周波数とその評価法 第4回 5G(5th Generation)のOTA評価 [https://club-z.zuken.co.jp/tech-column/20200130\\_mw004.html](https://club-z.zuken.co.jp/tech-column/20200130_mw004.html)

端末にもそれぞれ対応する周波数帯と方式が異なる



Non Stand Alone : 4G LTEと共用  
Stand Alone : 5Gで専用

5Gは使用する設備にも「SA方式」と「NSA方式」の2種類ある | OTONA LIFE | オトナライフ - Part 2 <https://otona-life.com/2022/03/29/111657/2/>

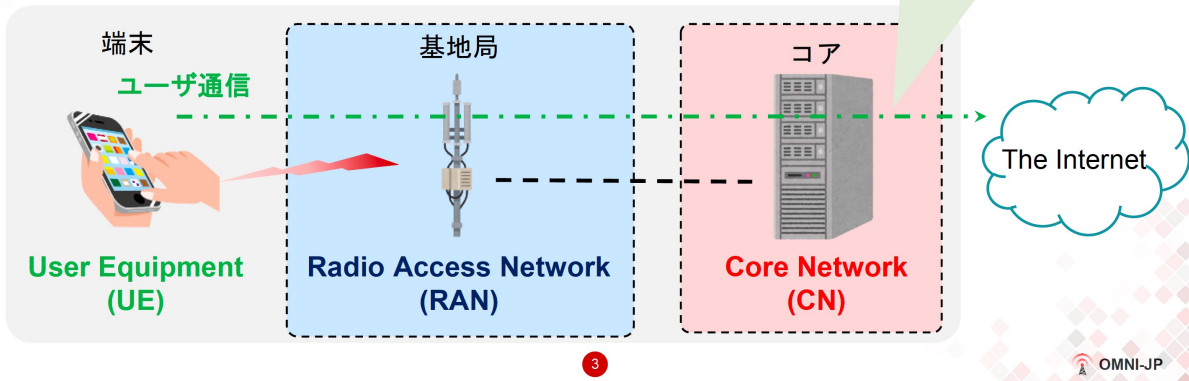


総務省, 第5世代移動通信システム(5G)の導入のための特定基地局の開設計画の認定(概要) [https://www.soumu.go.jp/main\\_content/000613734.pdf](https://www.soumu.go.jp/main_content/000613734.pdf)

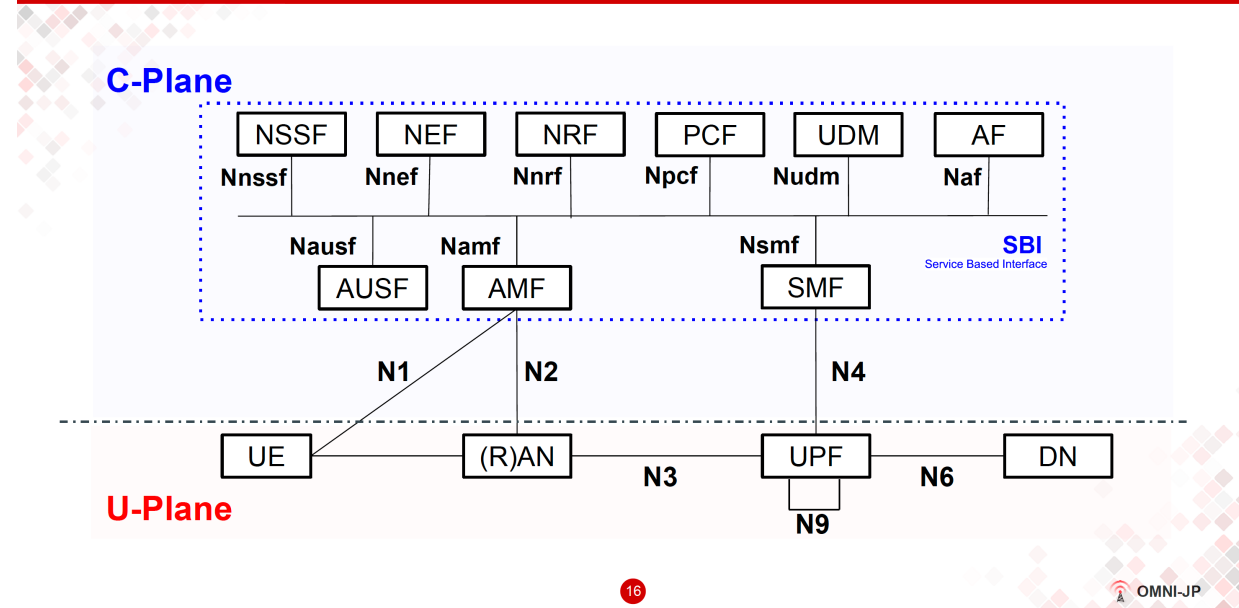
# 5Gシステムの基本的な構成

## そもそも、モバイルネットワークとは？

「**端末 (User Equipment)**」  
「**無線アクセスネットワーク (Radio Access Network)**」  
「**コアネットワーク (Core Network)**」  
の3要素から構成される無線通信設備



## 3GPP 5Gシステムアーキテクチャ (概要)



西原 英臣, 5GのOSSってぶっちゃけどこまで使えるの?, JANOG48 Meeting  
<https://www.janog.gr.jp/meeting/janog48/wp-content/uploads/2021/07/janog48-it6-nishihara.pdf>

- U-Plane = User Plane
- UE = User Equipment
- RAN = Radio Access Network
- UPF = User Plane Function
- DN = Data Network
- C-Plane = Control Plane
- AMF = Access and Mobility management Function
- SMF = Session Management Function
- ...

# OSS for 5G!

西原 英臣, 5GのOSSってぶっちゃけどこまで使えるの?, JANOG48 Meeting  
<https://www.janog.gr.jp/meeting/janog48/wp-content/uploads/2021/07/janog48-1t6-nishihara.pdf>



## モバイルネットワークのオープン化

モバイルネットワークのオープン化が推進

- モバイルネットワークに関する機器のコモディティ化や法整備が進み、モバイル通信事業者以外の方がモバイルネットワークを構築可能に
- それに伴い**モバイルネットワークに関連するOSSの開発**が多数進められている



## 5G RANのOSSってどこまで使えるの?

RANのOSSの1つであるOpenAirInterfaceと5GコアネットワークのOSS (free5GC) を用いて実UEによる1Call疎通に成功

**FUJITSU's development**

- NGAP
- RRC(gNB/nrUE)
- ITTI simulator
- F1-C

**Integration**

- OAI nrUE connection with Simulator
- COTS-UE connection
- Provided bug fix patches

gNB CU		NR-UE	
N2 (NGAP)	N3	5G-NAS	IP
RRC	SDAP	RRC	SDAP
F1-C	PDCP		PDCP
	RLC		RLC
	MAC		MAC
	PHY		PHY

The hardware setup includes a free5GC server, an OAI gNB baseband unit, a USRP B210 software-defined radio, and a Huawei mate 30 smartphone. A small red circle with the number '9' is at the bottom center, and the OMNI-JP logo is at the bottom right.

OAI SUMMER2021 VIRTUAL WORKSHOP : 富士通 原田さん 資料より抜粋 (詳細は下記参照)  
[https://www.openairinterface.org/docs/workshop/2021-06-SUMMER-VIRTUAL-WORKSHOP/PDF/02\\_HARADA\\_MASAYUKI\\_FUJITSU\\_FUJITSU\\_ACHIEVEMENTS\\_WITH\\_OAI\\_5G.pdf](https://www.openairinterface.org/docs/workshop/2021-06-SUMMER-VIRTUAL-WORKSHOP/PDF/02_HARADA_MASAYUKI_FUJITSU_FUJITSU_ACHIEVEMENTS_WITH_OAI_5G.pdf)

## モバイルネットワークのOSS関連で困ったら



### Open Mobile Network Infra community (OMNI)

- モバイルネットワークに関連するOSSの開発者・ユーザ同士で情報交換や新たな繋がりを形成する場
- 参加メンバー：295名 (2021.07.15時点)



コミュニティの活動



繋がりが形成や情報交換の場

情報交換や相談・議論の場

OSS活動の訓練の場

10

OMNI-JP

[omni-jp/awesome-5g-omni](https://github.com/omni-jp/awesome-5g-omni)

A curated list of awesome open source projects for 5g in japanese.

★ 4    🍴 2

<https://github.com/omni-jp/awesome-5g-omni>



# 5Gの新機軸 : MEC

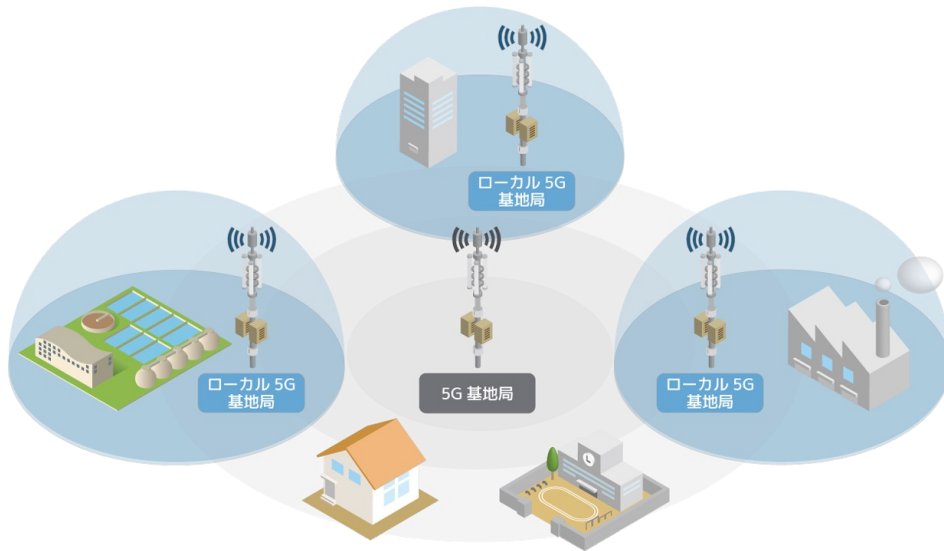
- Multi-access Edge Computing
  - 概念は4G時代からあったが、実際に使われるようになったのは5Gから
- 網の間に計算資源を配置 → 応答性向上とセキュアな通信網を提供



【第1回】MECとは - 次世代MEC試験環境「Beyond-MEC」  
<https://www.docomo-bmec.com/archives/50/>

# 5Gの新機軸 : local 5G

- 特定エリアで自営の5Gネットワークを構築できる
- 独自の要件に応じた通信特性でネットワーク運用できる



5G エリア      ローカル 5G エリア

ローカル5Gとは | 社会システム事業 | 東芝インフラシステムズ株式会社  
<https://www.toshiba.co.jp/infrastructure/social/telecommunication/local5g/about-5g.htm>

ゼネコンが建設現場で導入  
建機遠隔制御

事業主が工場へ導入  
スマートファクトリ

建物内や敷地内で自営の5Gネットワークとして活用

建設現場での活用

- 建機遠隔制御
- インフラ監視
- スマート工場

農業での活用

- スマート農業
- 河川監視
- 防災現場での活用

農家が農業を高度化する  
自動農場管理

自治体等が導入  
河川等の監視

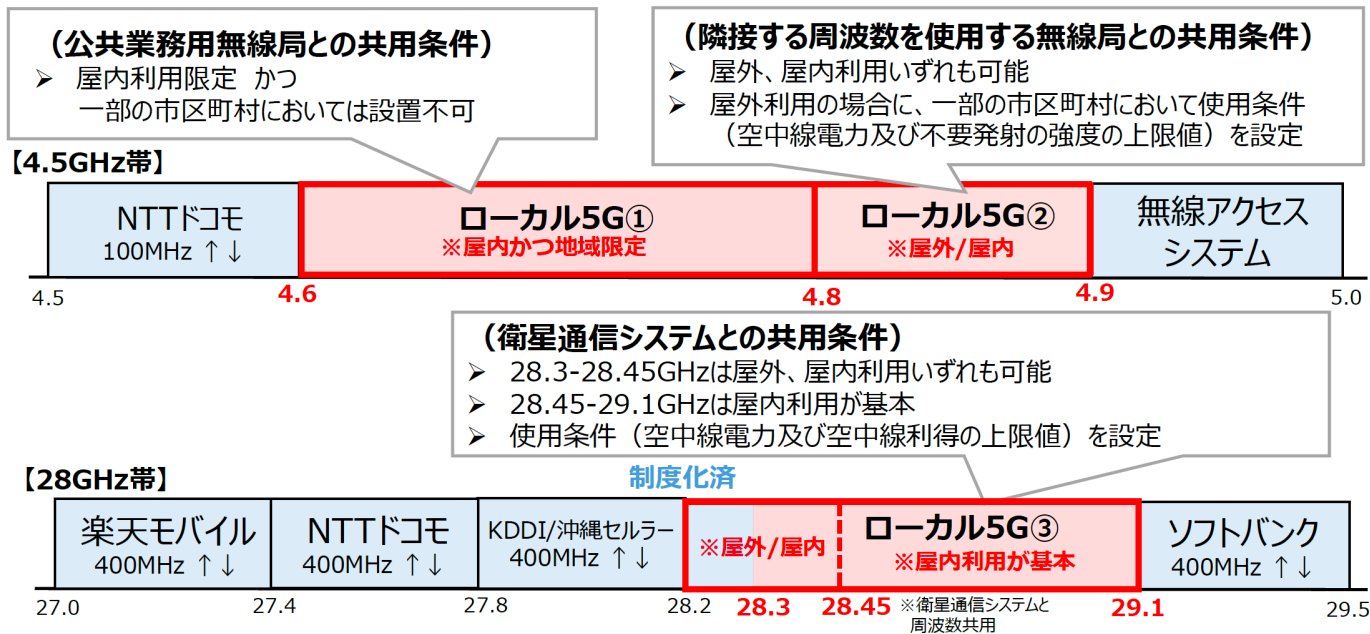
センサー、4K/8K

総務省, 総務省におけるローカル 5 G 等の推進  
[https://www.soumu.go.jp/main\\_content/000739007.pdf](https://www.soumu.go.jp/main_content/000739007.pdf)

オレオレ5Gネットワークを任意にconfiguration可能  
 広域分散通信網の“**みんしゅか**” が進んでいる！

# 5Gの新機軸 : local 5G

- L5Gにも周波数が割り当てられている



総務省, 総務省におけるローカル 5 G等の推進  
[https://www.soumu.go.jp/main\\_content/000739007.pdf](https://www.soumu.go.jp/main_content/000739007.pdf)

- 免許申請(と電波利用料)は必要,,,

5GIMIF  
The Fifth Generation Mobile Communications Promotion Forum

ローカル5G免許申請支援マニュアル  
2.02版

2021年 5月10日  
第5世代モバイル推進フォーラム  
地域利用推進委員会

ローカル5G免許申請支援マニュアル 2.02版 - 第5世代  
モバイル推進フォーラム <https://5gmf.jp/case/4484/>

# L5Gの実例 by mixi

JANOG50「ローカル5Gで無線映像伝送をやってみた」の登壇レポート | by Chihappy | Aug, 2022 | mixi developers <https://mixi-developers.mixi.co.jp/janog50-local5g-1a23bc11c557>



## 『 TIPSTAR DOME CHIBA 』



国内3か所目となる国際規格の木製バンク。KEIRIN競技にあわせて様々な演出も行われるドーム



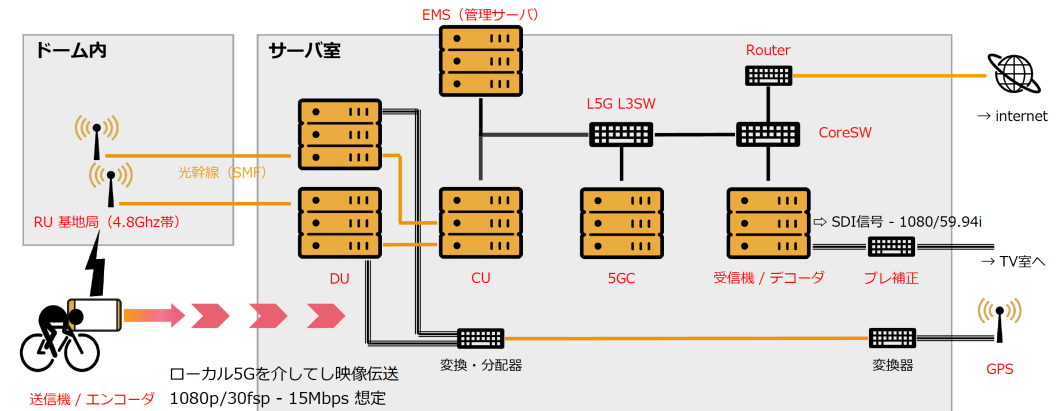
ミクシィは映像技術・運営支援で携わっています



## ローカル5G 車載カメラ ネットワーク構成



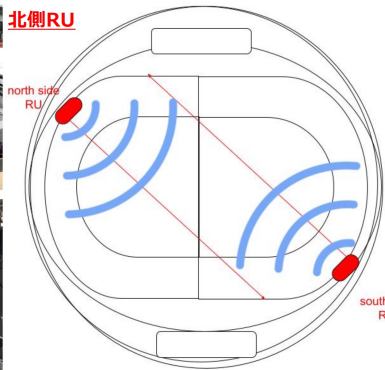
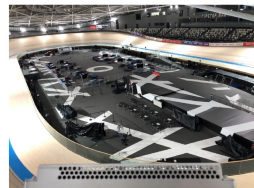
ローカル5G 基地局を無線設備のドーム内高所に設置。サーバ室でSDIに変換後にTV室へ  
ミクシィ社製の送信機・受信サーバを利用してIP映像伝送



## TIPSTAR DOME CHIBA内での電波放射



バンク内すべてをカバーするため基地局 (アンテナ/RU) は、2台設置してハンドオーバー構成とした

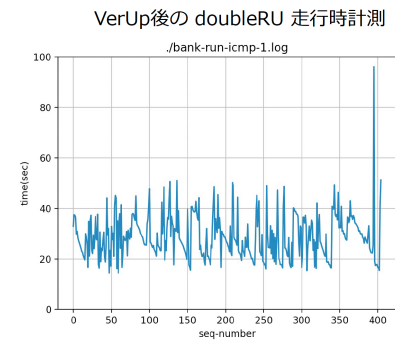
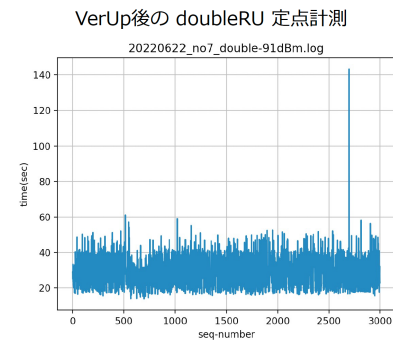


富士通社製 RU  
ローカル5G基地局

ドーム内にRU設置

南北のRUは対角状に設置してあるが電波の正面衝突を防ぐため微妙に角度をズラしている

## あれ、、。めっさ安定する・・・なぜだ (現在進行形)



電波 むずかしいです。現状のような状態なのか 把握・可視化 が課題  
RU, DU, CU, 5GC 内がどのようになっているか把握も課題

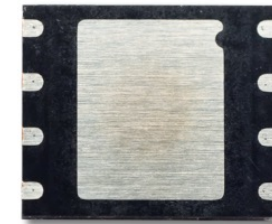
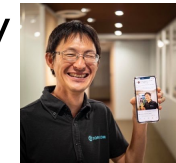


# モジュールカタログ from now

- L5G対応スマホ端末 by FCNT  
Smart Device01 (型番 FMP181L01)
  - NSA/SA方式の双方に対応 (1号機)
    - ✓ Sub-6/SA方式のみ対応の2号機もあり
  - Android11搭載
  - L5Gのネットワーク状態可視化ツール



- 5G対応のIoT SIM by SORACOM
  - plan-K2: 特定地域向けIoT SIM
  - KDDI回線の5G/LTEが利用可能
  - グローバルカバレッジも活かしたい場合はplanX2もあり☑ by



特定地域向け IoT SIM (plan-K2) - IoTデバイス通販 - SORACOM (ソラコム) IoTストア  
<https://soracom.jp/store/19945/>

ローカル5G対応スマートデバイスを開発、お客様に最適なローカル5Gソリューションをワンストップで提供することを目指します：FCNT株式会社  
<https://www.fcnt.com/news/20201016.html>

# モジュールカタログ from now

- MiFiルータ by 京セラ  
K5G-C-100A
  - 多機能の通信方式に対応
  - デュアルSIM対応
  - (小規模な)エッジコンピューティングも可能



K5G-C-100A | IoT通信機器・IoT通信モジュール  
| 製品情報 (法人のお客様) | 京セラ  
<https://www.kyocera.co.jp/prdct/telecom/office/iot/products/k5g-c-100a.html>

- MiFiルータ by APAL  
RAKU / RAKU PLUS
  - PLUSはミリ波対応



MiFi - APAL  
<https://www.apaltec.com/ja/mifi/>

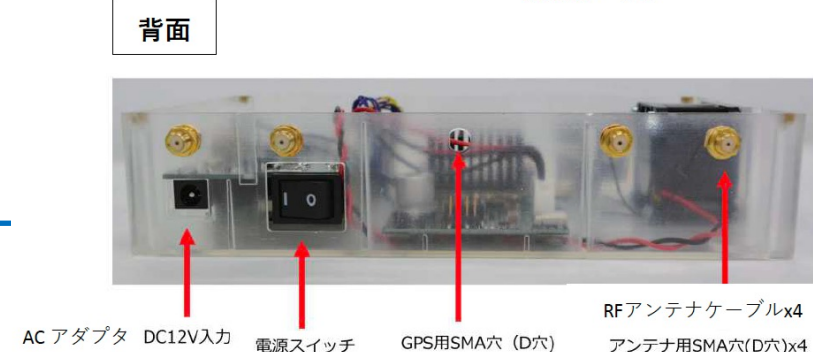
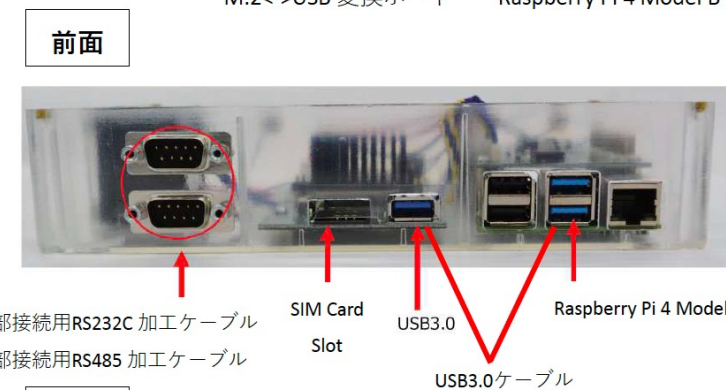
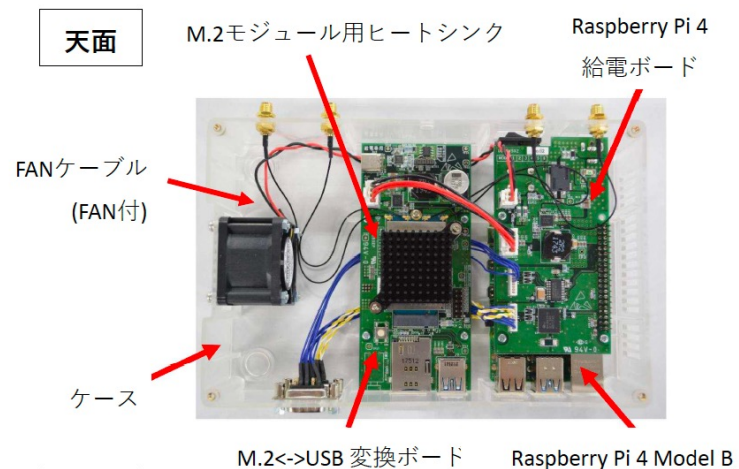
- USB Dongle by APAL
  - プラグアンドプレイ端末 (USB 3.1規格)
  - 小型かつ軽量



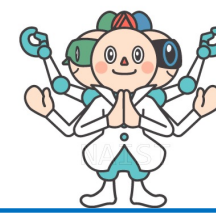
Dongle - APAL  
<https://www.apaltec.com/ja/dongle/>

# 5G NR対応CPE with RPi4

- [株式会社iD](#) による製品
- RPi4純正対応のハードウェアキット一式として提供されている
  - 5G Sub-6対応モジュール/アンテナ搭載
  - RPiのソフトウェア資産を活用しながら5Gゲートウェイ/デバイスを実現できる
  - ✓カスタムソフトウェア機能の搭載も可能



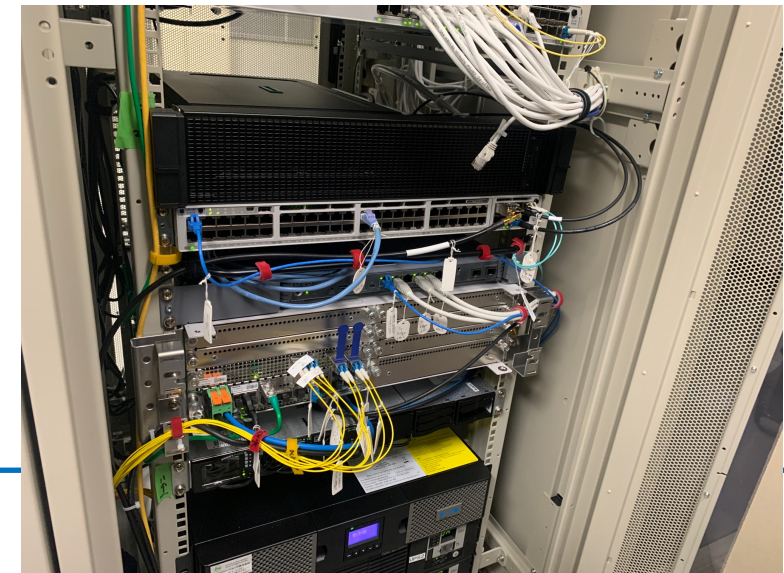
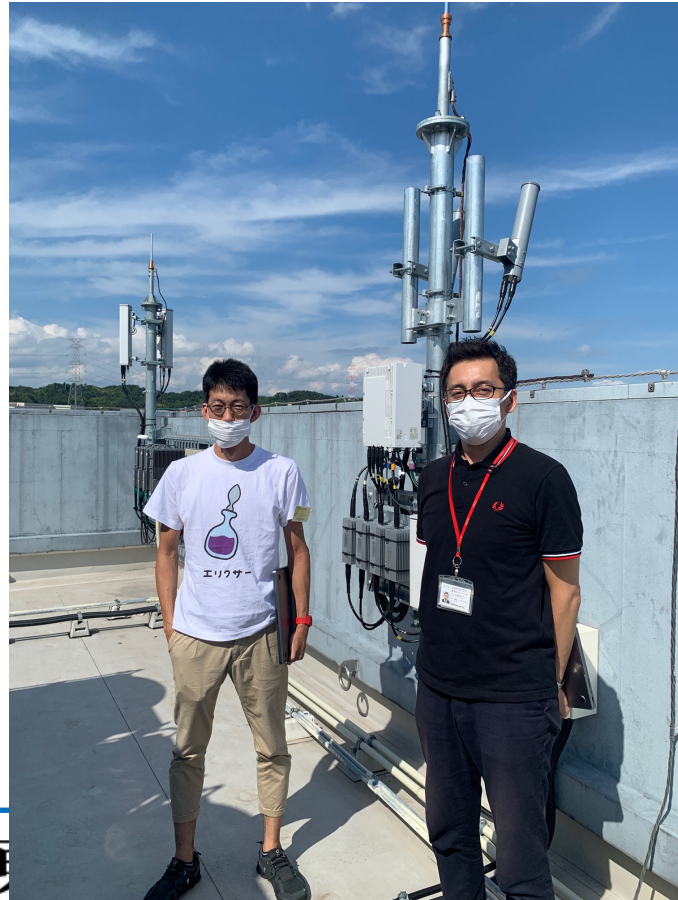
# local 5G使ってみた@NAIST



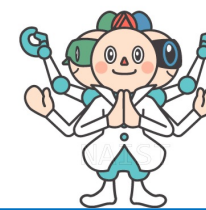
びよん  
.ex

@2022/08/29(Mon)

全学的な通信インフラとして導入  
新井先生に圧！倒！的！感謝！！



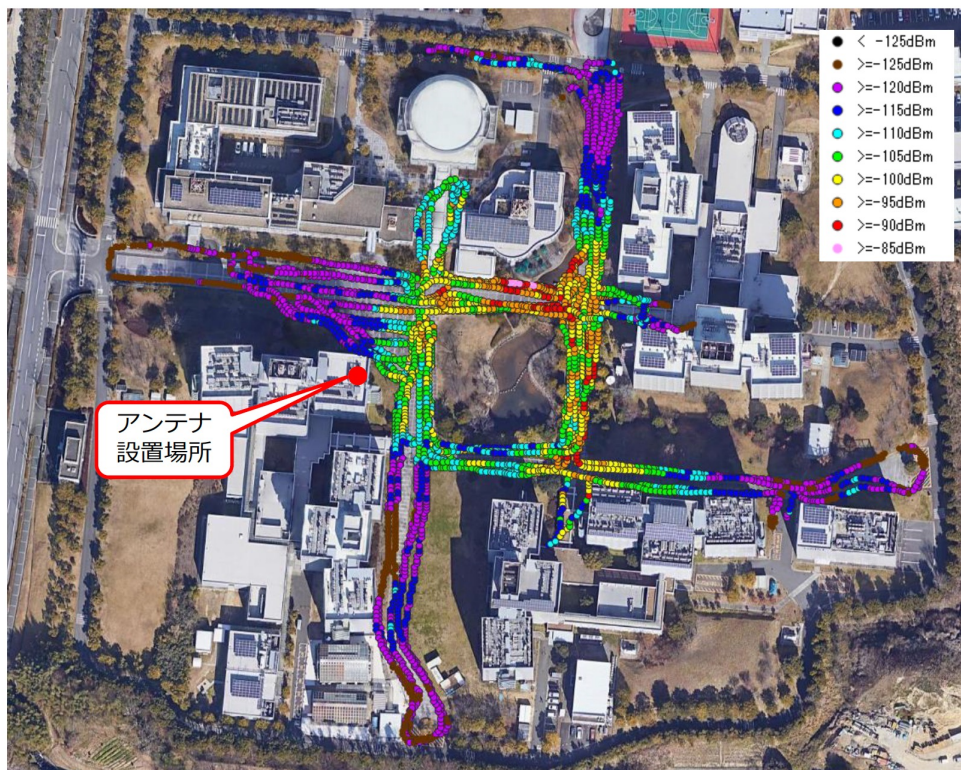
# local 5G使ってみた@NAIST



## NAIST local 5G基地局の性能

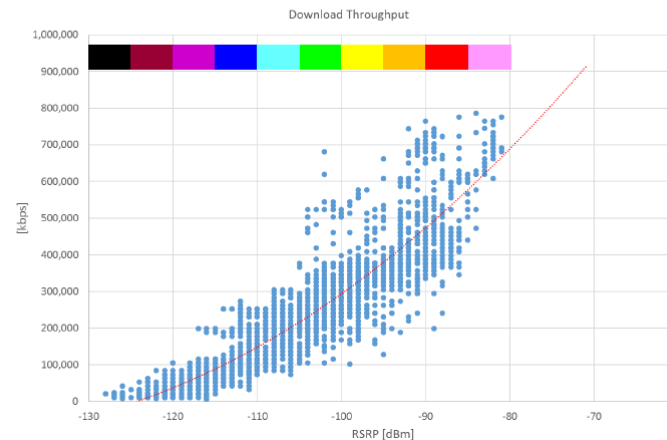
新井先生よりご提供いただいた測定データ

### 屋外サーベイ結果（ローカル5G）



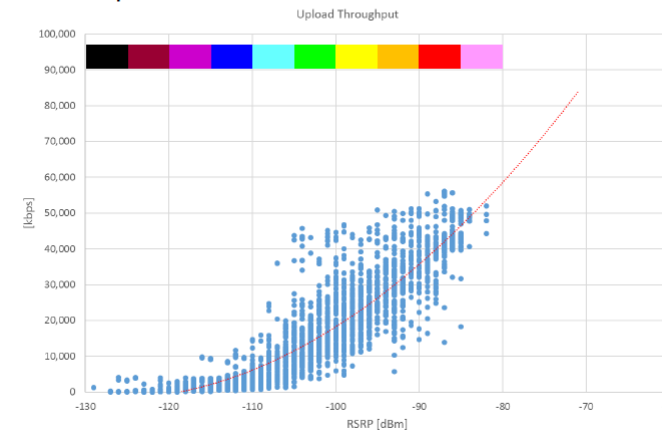
### DLスループット（ローカル5G）

• 800Mbps



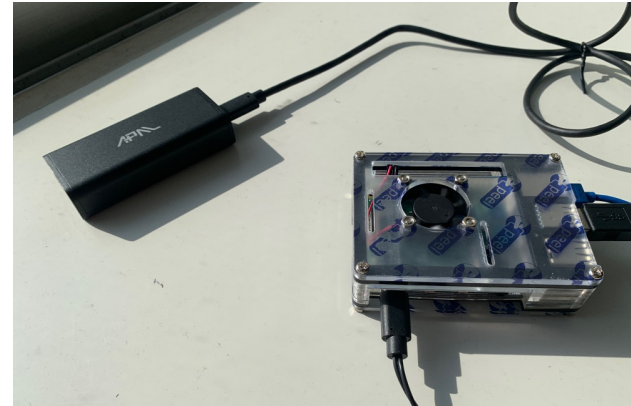
### ULスループット（ローカル5G）

• 50Mbps



# local 5G使って, みたかった,,,

- RPi4+5G/L5G Dongle x2
- 試行・測定対象の計画：
  - L5G(NSA/SA)対応スマホの試用
  - ElixirのNode.connectによるPingPong
  - ROS 2のTopic通信によるPingPong



16:23 5G 67%

ネットワークモニター

LTE NR Thr

RAN (LTE / NR) WIFI

Normal service NR SA

INFORMATION 1 / Ping

ステータス

End

URL

google.com

25.6 kbps

LTE: - kbps

NR: - kbps

SUMMARY

回数	最大	最小	平均	時間	成否
1	25.6	25.6	25.6	0.020	OK
2	21.3	21.3	21.3	0.024	OK
3	24.3	24.3	24.3	0.021	OK
4	26.9	26.9	26.9	0.019	OK
5	24.3	24.3	24.3	0.021	OK
6	24.3	24.3	24.3	0.021	OK
7	24.3	24.3	24.3	0.021	OK
8	22.2	22.2	22.2	0.023	OK
9	18.9	18.9	18.9	0.027	OK
10	25.6	25.6	25.6	0.020	OK

16:25 5G 67%

ネットワークモニター

LTE NR Thr

RAN (LTE / NR) WIFI

Normal service NR SA

Serving Cell (Primary)

PCI: 50 4850.4MHz / 100MHz

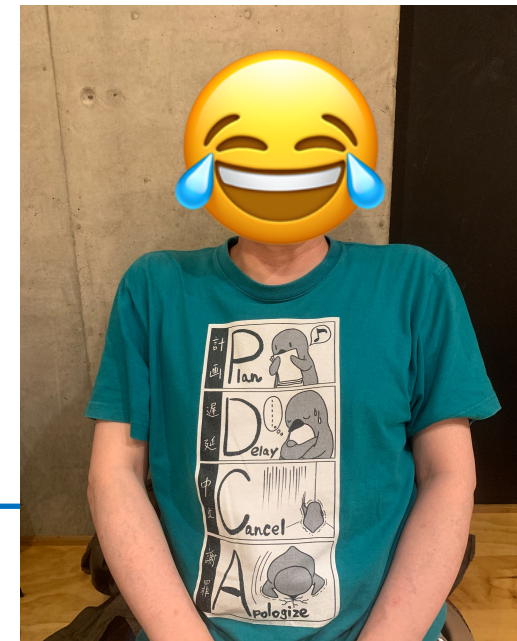
Band	SCS(KHz)	RRC State
n79	30	Connected

RxNo.	RxPow(dBm)	RSRP(dBm)	RSRQ(dB)	SINR(dB)
RX0	-86.3	-96.6	-10.4	25.0
RX1	-85.4	-95.7	-10.4	25.0
RX2	-90.6	-101.1	-10.5	15.0
RX3	-99.1	-110.0	-10.9	-5.0

PUSCH(dBm) PUCCH(dBm) PRACH(dBm)

24.0 40.0 0.0

Serving Cell (Secondary)



# ここまでのまとめ for Take Home

- 5Gの基軸は「超高速・大容量」「超低遅延」「超多数同時接続」  
*but!* これらはトレードオフ関係にある
- さらにB5Gでは「超低消費電力」「超安全・信頼性」「自律性」「拡張性」が追加
- 利用できる周波数帯や様々な通信設備方式がある
- 5G技術にも**OSSの波**が到来してきている
- MECとlocal 5Gによる広域分散通信網の“**みんしゅか**”
- 5G/L5GなIoT向けに今すぐ使えるモジュールも様々に出てきている



# 関数型パラダイムで実現するB5G時代の 資源透過型広域分散コンピューティング環境

① : 資源透過型の分散処理プラットフォーム

② : IoTノードの能率的な実行環境

③ : 計算資源配分の決定手法

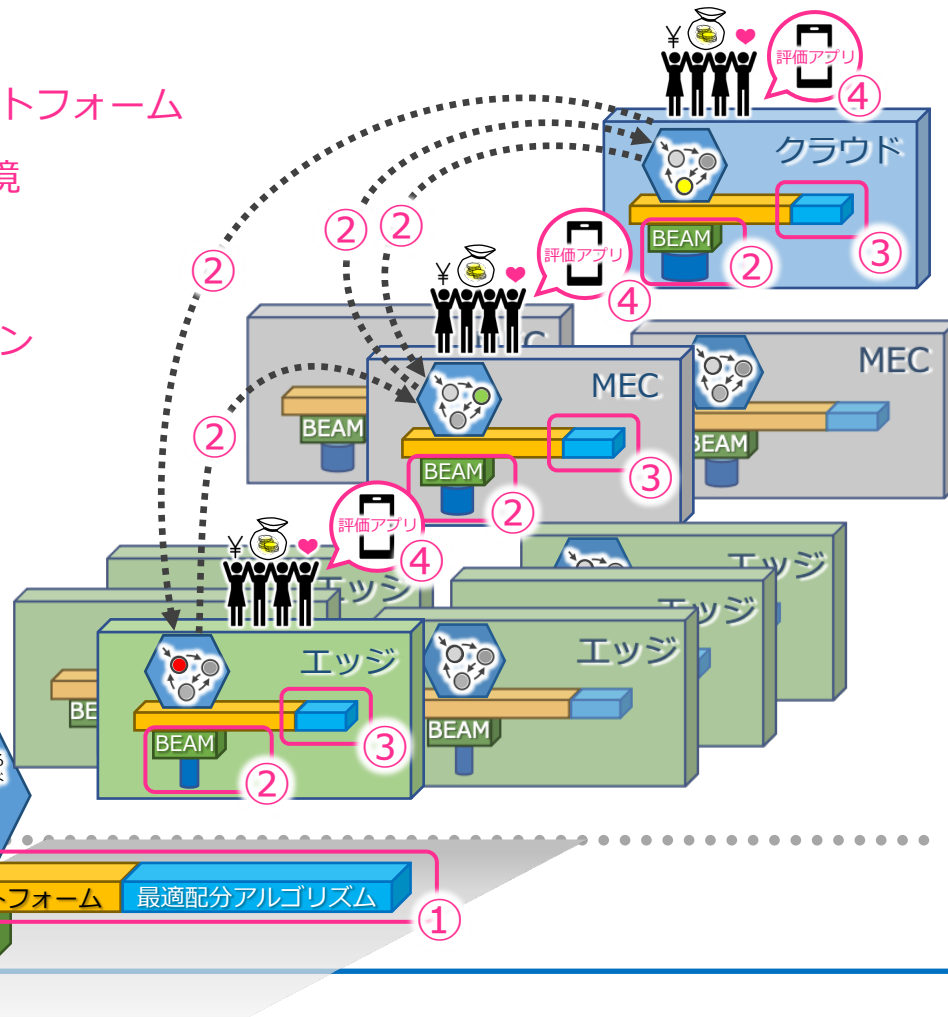
④ : 実証評価向けアプリケーション

■ : 最適配分アルゴリズム

■ : 透過型分散プラットフォーム

■ : BEAM (Elixir処理系)

■ : IoTノードの計算資源



クラウド：  
みんなのことをやる

exMEC：  
自分+ヒトのことをやる

エンドデバイス：  
自分のことをやる

開発環境：  
なにも気にせずやる



本発表ならびに本セッションの内容は  
国立研究開発法人情報通信研究機構の  
委託研究(04001)により得られるものです

# Beyond 5Gによるアプリケーションの開拓

SWEST24 セッションs4a 5G & Beyond ~その先へ~

<https://www.sakura.ad.jp/>

DAY

2022/08/09

COMPANY

さくらインターネット株式会社

DEPARTMENT

さくらインターネット研究所

NAME

上級研究員 菊地俊介

- 目的

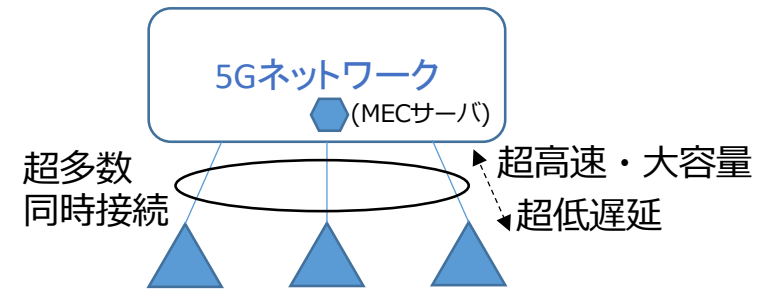
- Beyond5G (=B5G) によって発展が期待されるIoTアプリケーションについて、想定例をもとに紹介します。
- またそれを踏まえて、B5GでのIoTアプリのアイデアについて議論できたらと思います。

- 内容

- B5G アプリケーションの基本的構造
- 想定アプリケーション
  
- B5G IoTアプリについてのアイデア交換

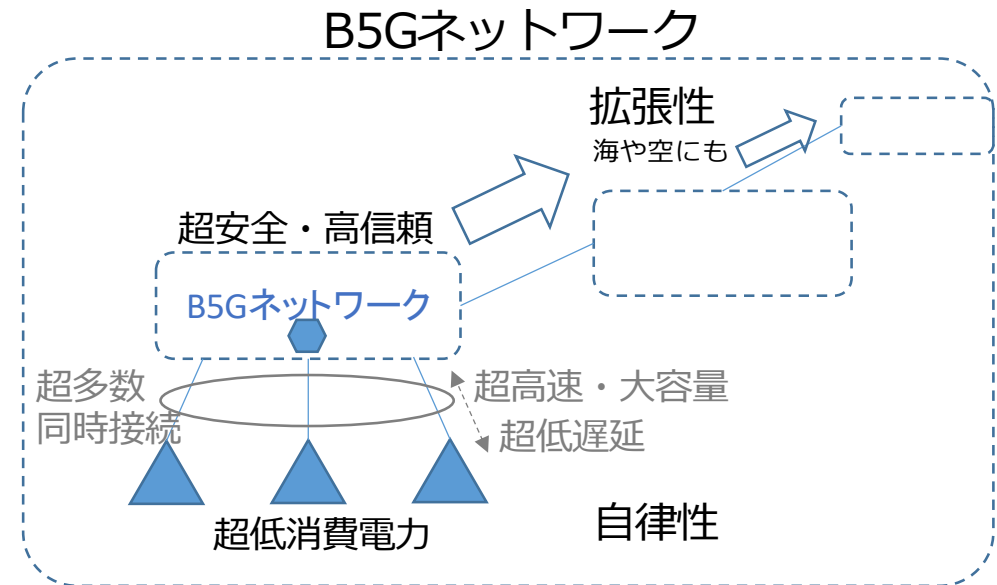
## • 5Gの特徴

- 超高速・大容量
- 超低遅延
- 超多数同時接続



## • Beyond5Gの特徴

- (5Gの特徴に加え)
- 超低消費電力
- 超安全・高信頼
- 自律性
- 拡張性



単体の端末・ネットワークだけでなく、  
複数かつ広域の端末・ネットワークが連携していく



# Cybernetic Avatar Society

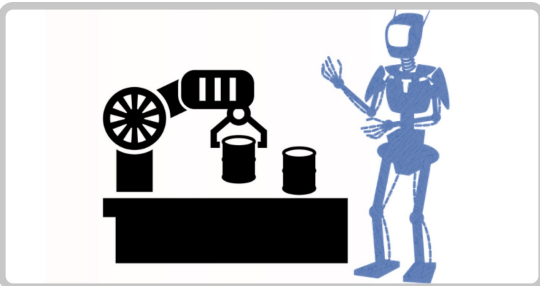
## アバターロボットとXRによるテレプレゼンス



テレプレゼンス会議  
(XR空間での会議)



テレプレゼンスイベント  
(XR空間でのイベント)

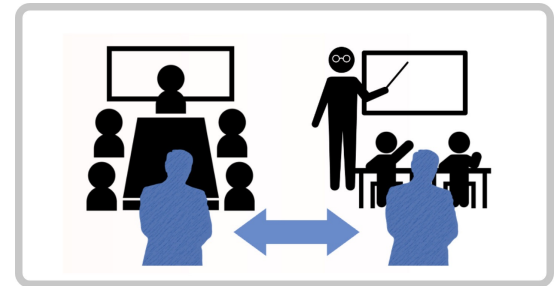


アバターロボットによる  
生産工場ラインの操作

リモート介護



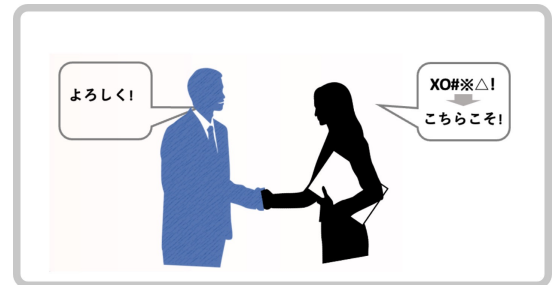
リモート会議と  
リモート授業参観



XR登山  
(テレプレゼンス)



テレプレゼンス会議  
(同時翻訳)



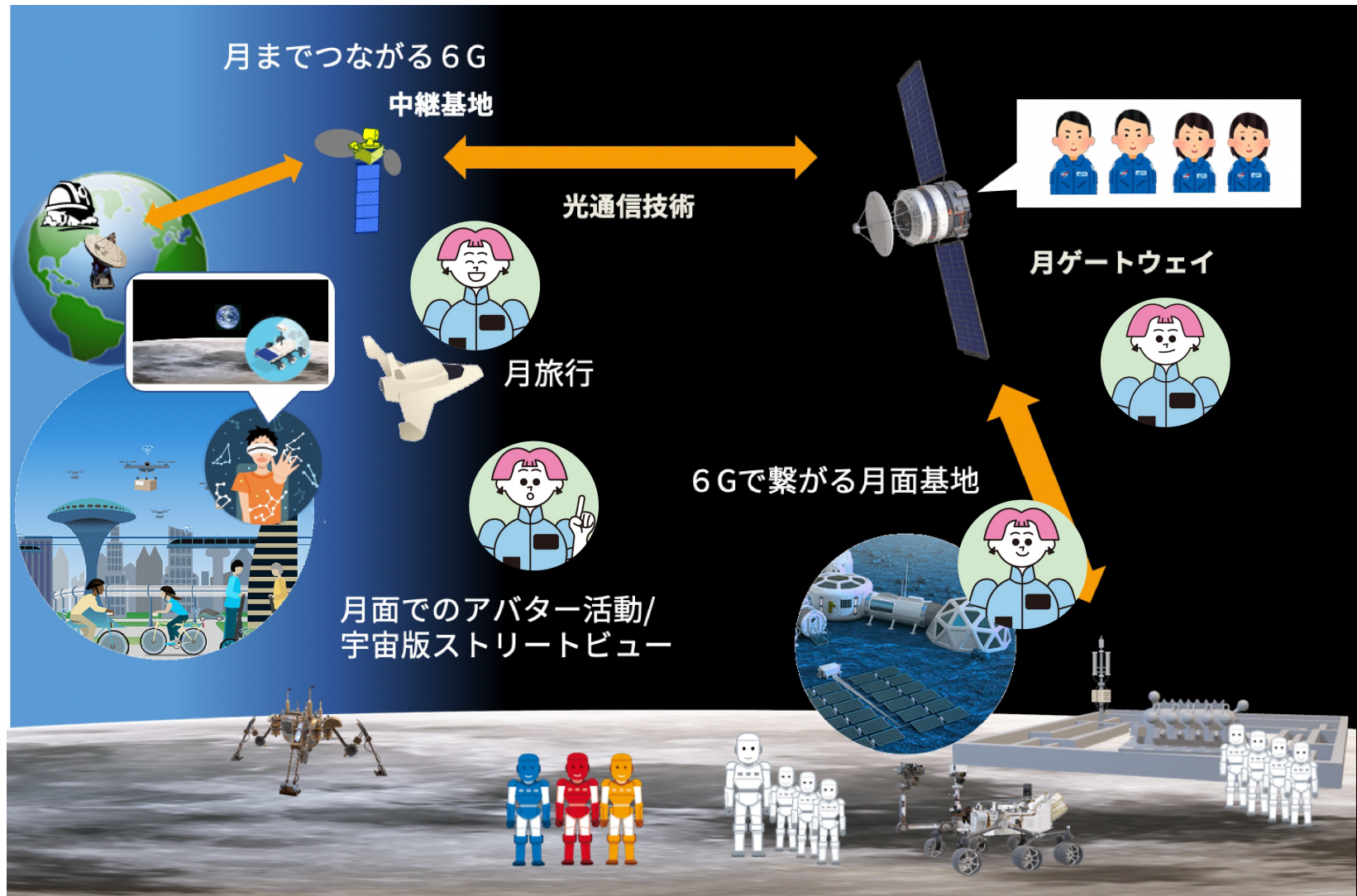
<https://beyond5g.nict.go.jp/technologies/index.html>

より。残り3つも同様。



# 月面都市

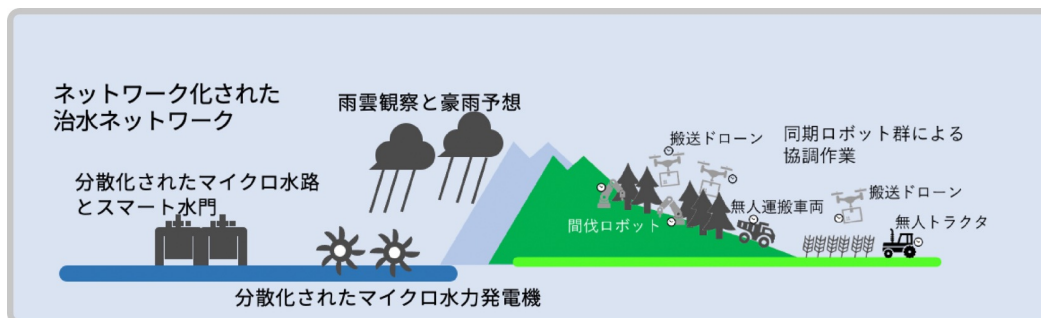
## アバターロボット操作による月面開発





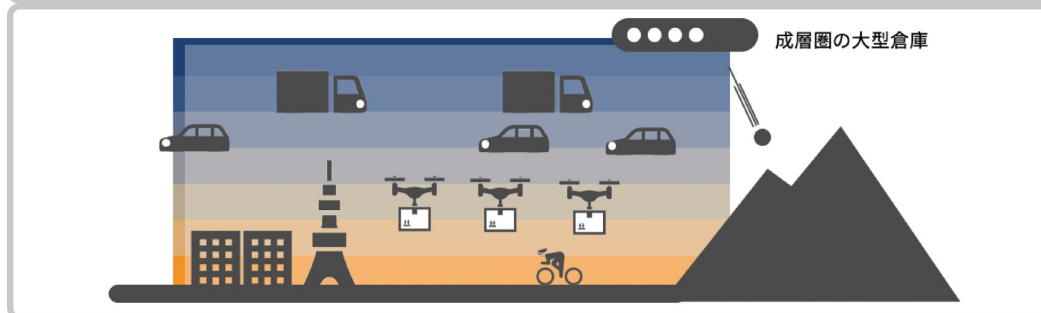
# 時空を超えて

## 治水制御、物流、個人用ドローンによるコンピュータアシスト



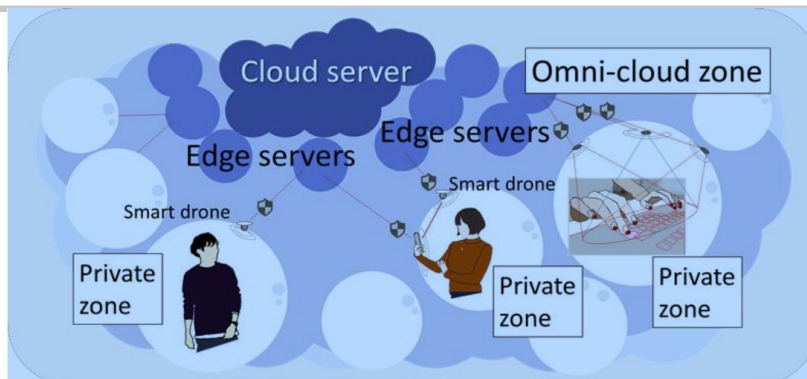
レジリエント里山

センサによる水位等の把握、ロボットによる間伐等



バーティカル ヒト・モノ・コト流

アシストカー、スカイカー、ドローン



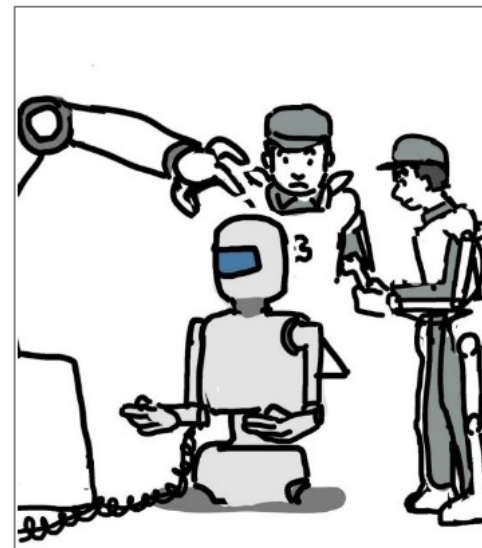
オムニクラウド・ゲートウェイ

クラウド、エッジコンピューティング、スマートドローン (個人用環境隔離ゲートウェイ)



## サイバー世界の光と影

### サイバーお悩み相談室



- AIエージェント、ロボット、それらによる公平性・倫理観などの課題
- ナッジ（行動の後押し）提供による行動変容

## Beyond 5Gの特徴を生かしたアプリケーションとは

### B5Gの特徴

- 高速、大容量通信ができる
- 低遅延でデータを処理できる
- 多数ノードの同時接続ができる
- 低消費電力で通信できる
- 超安全・高信頼を確保できる
- 自律性がある
- 拡張性がある

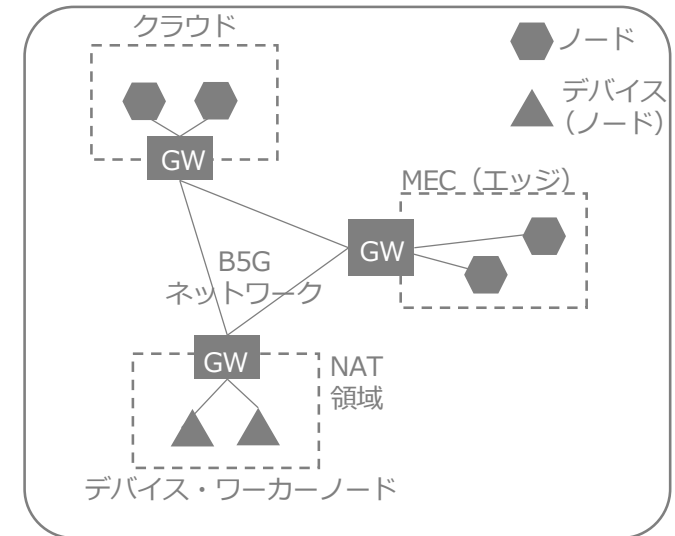
### アプリで実現できること（例）

- 動画などが利用できる
- ネットワーク越しに（準）リアルタイム処理ができる
- 多数のノードが使える・参加できる
- ノードの増減に動的に対応できる
- エッジサーバ・クラウドサーバが使える
  - ノード間連携、大容量処理・保存ができる
- ノード数のスケールに対応できる
- 複数地点・ノードで協同できる
  - 冗長構成、並列処理ができる



## 前提とするプラットフォーム・システムの構成

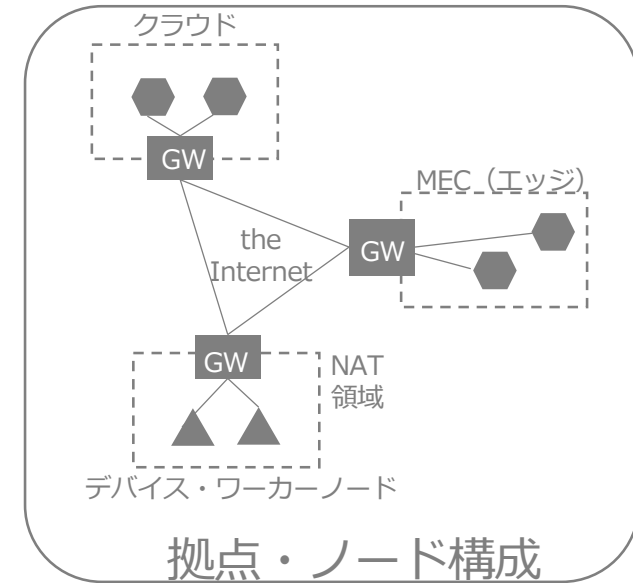
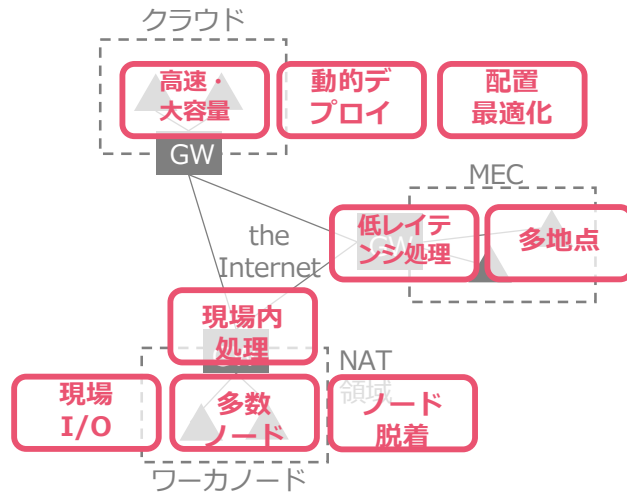
- デバイス、エッジ、クラウドの3種類のノード
  - **デバイス**：現場に設置されるノード。センサやアクチュエータを備える。
  - **エッジ**：クラウドより現場近くに設置されるノード。デバイスより大きい計算能力、デバイスから見てクラウド往復より短い伝搬遅延時間(往復30msec想定)。
  - **クラウド**：大きい計算能力、大きいストレージを持つ。デバイスからの伝搬遅延時間は大きい(往復100msecを想定)
- ノードに処理（タスク）を配備する機能がある
  - 複数地点・ノードが協同できる
  - ノード数のスケールに対応する
- ノード間でのメッセージング機能（同報あり）がある
- デバイスのディスカバリ機能がある
  - ノードの増減に動的に対応できる
- （すべてのノード・機能を利用しなくてもよい）



拠点・ノード構成



# 本資料でのB5gアプリの特徴（定義）

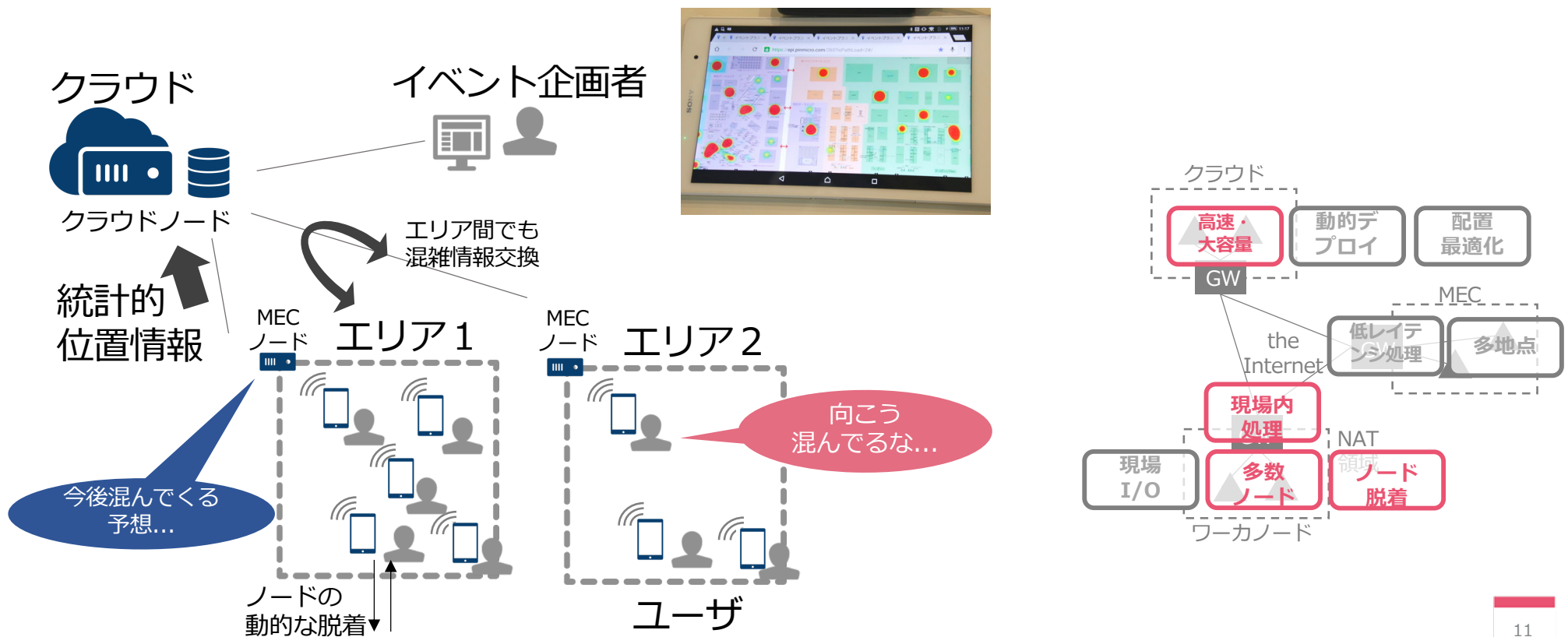


- 高速・大容量 ... クラウドの計算パワー・保存容量を利用できる
- 動的デプロイ ... 処理を、現場やエッジ、クラウドなどに配備できる
- 配置最適化 ... 配備する処理を、最適な場所に（再）配備できる
- 低レイテンシ処理 ... 現場から見て低レイテンシの場所（=MEC）で処理できる
- 多地点 ... 複数の現場間で連携できる
- 現場内処理 ... センシティブなデータを現場内に閉じて扱える
- 現場I/O ... 現場のセンサ・アクチュエータを利用できる
- 多数ノード ... （現場で）多数のノードが参加する・できる
- ノード脱着 ... ノードの参加や離脱の状態に（動的に）対応できる

## → 1. イベント会場での人流分析

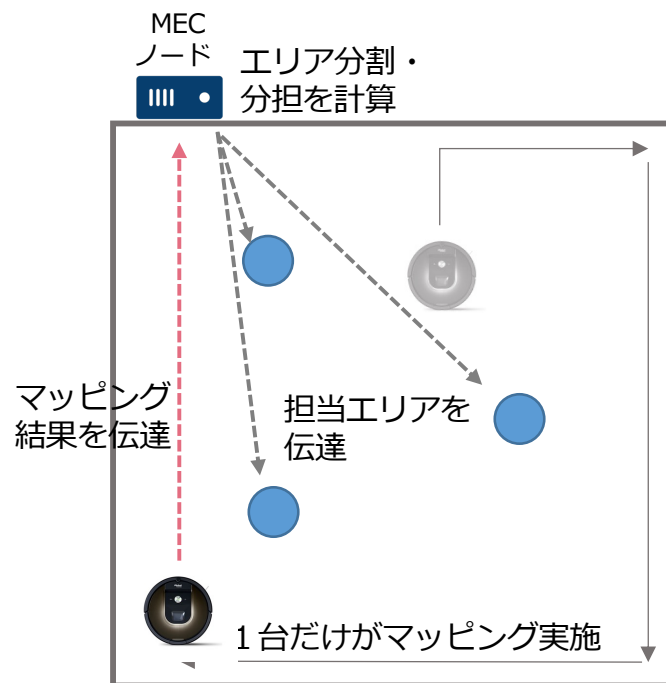
# イベント会場のユーザの移動状況を取得し、現状や今後の予想をヒートマップで表示

- 元ネタ：CEATEC会場の“アツい”場所をリアルタイムで可視化、ビーコン導入で人流解析
  - <https://internet.watch.impress.co.jp/docs/event/1084342.html>

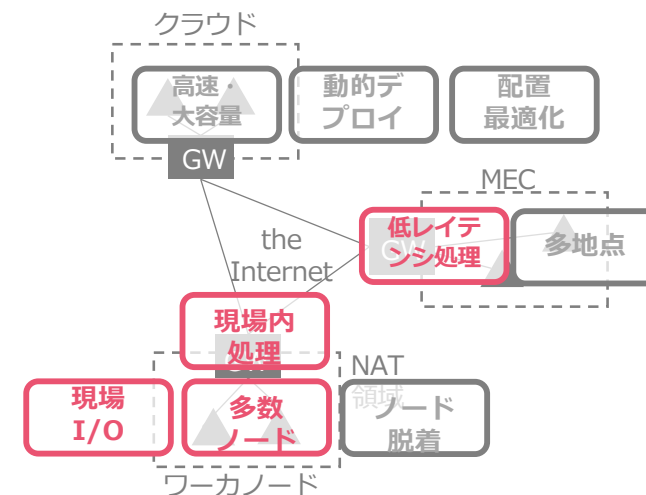


## → 2. ルンバの協調動作

広い部屋を複数台のルンバで分担して掃除する。カメラ/LiDAR付きハイエンド機種は1台だけにしたい。



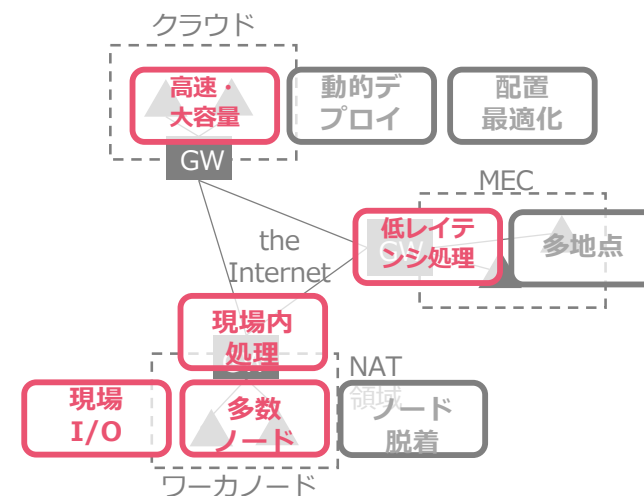
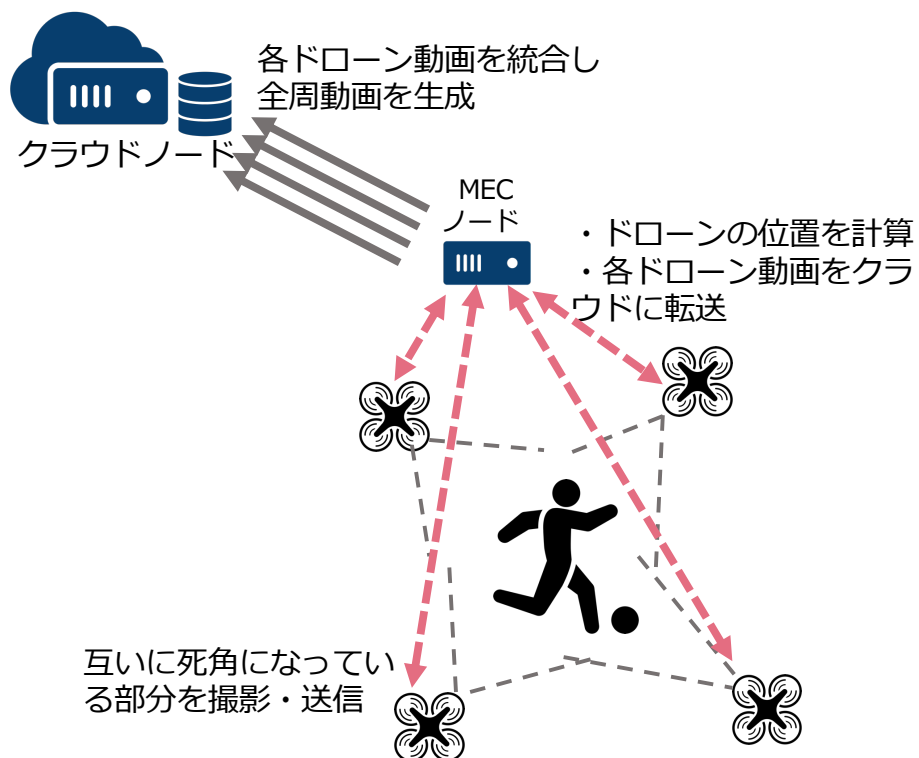
- カメラ/LiDAR付きハイエンド機が会場マッピングを実施
- マッピング結果をexMECに伝達
- exMECノードで分担プランを計算
- 分担プランを子ルンバに伝達
- (クラウドノード不要)



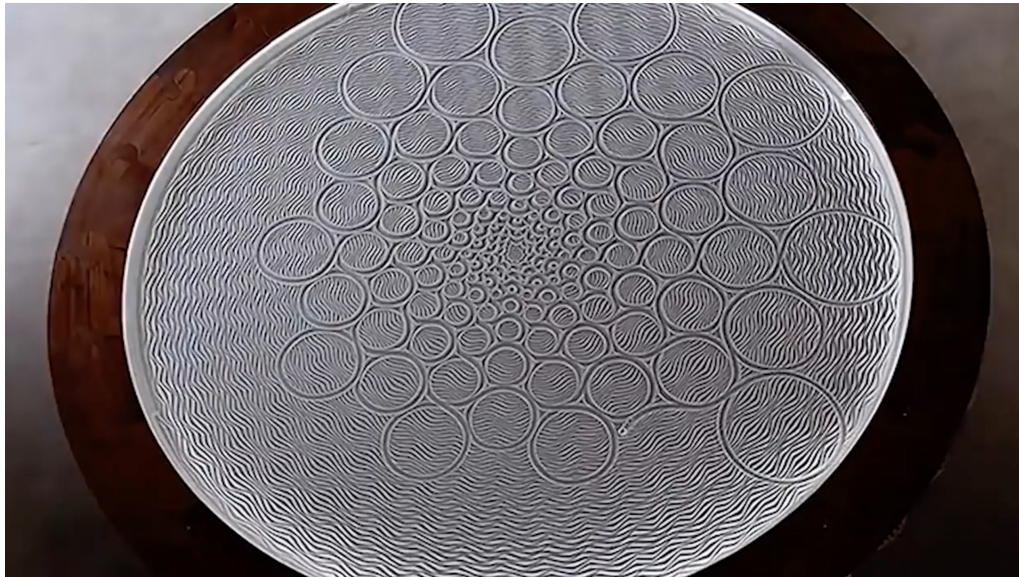
### → 3. 複数ドローンによる死角なし全周撮影

複数台のドローンで対象を撮影する。死角がない位置にドローンを常に誘導する。

- 撮影対象（サッカー選手など）が激しく動く場合には、ドローンの最適位置計算にも高速・低遅延が要求される。
- ドローン位置は相対位置しか取得できない（と考えられる）ため、撮影された画像等からオーバーラップ分を計算する等の処理が必要。

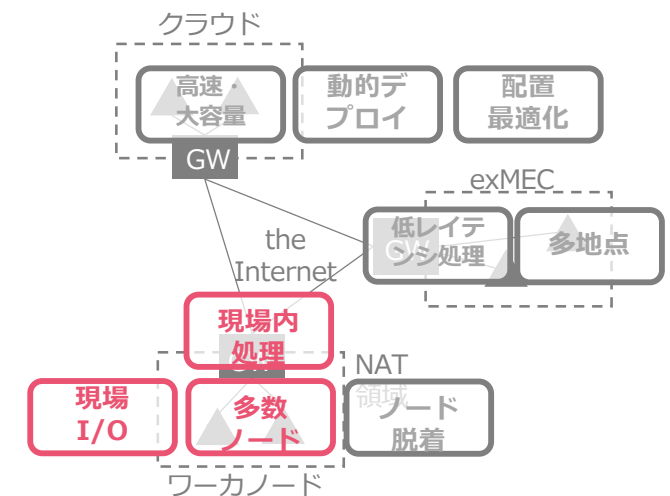


## 複数の自律玉(?)で砂絵を書いていく



元ネタ : Sisyphus

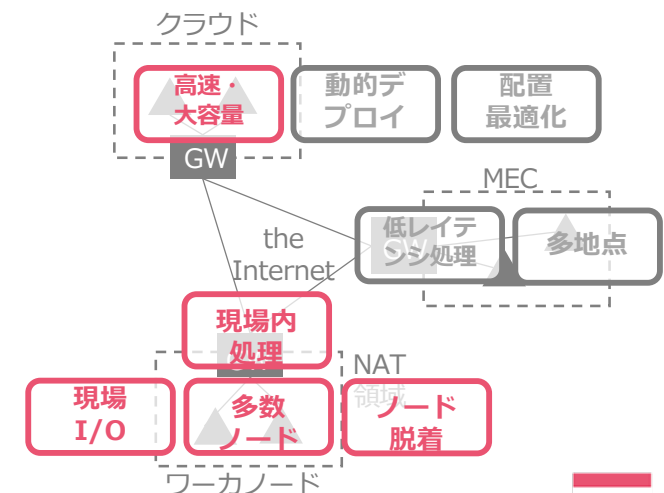
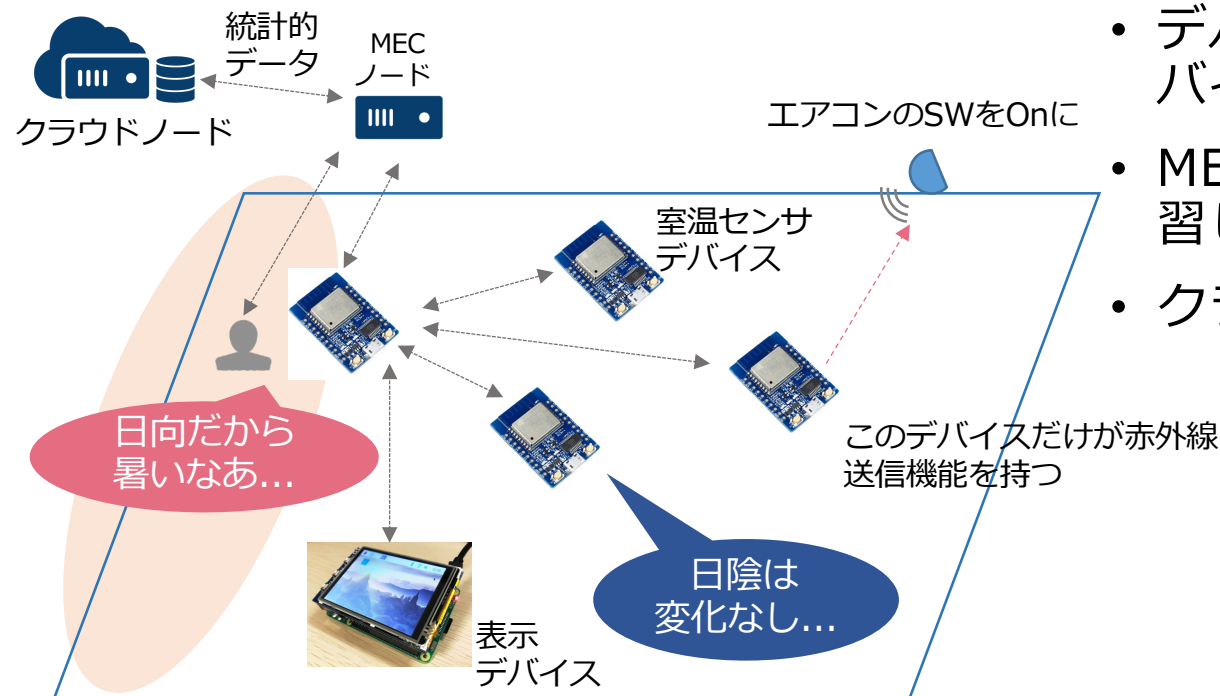
- <https://youtu.be/WayE2edzU5M>



- それぞれの自律玉は、他の玉との関係性を理解しつつ自律的に動く。
- 外部環境との入出力をエッジ（クラウド）ノードが把握・制御する。

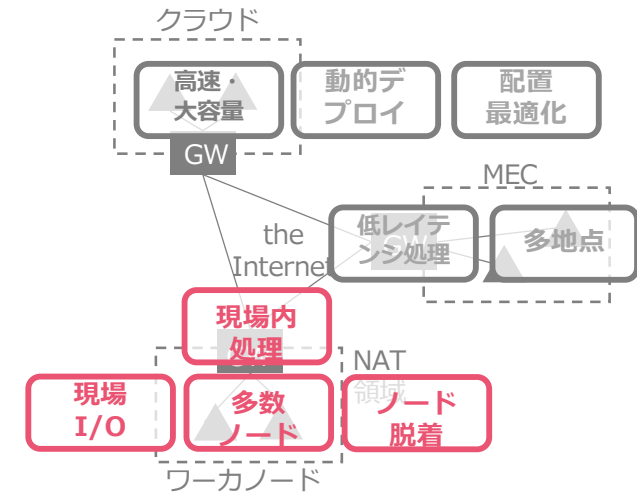
# ばらまいた計測デバイス間で相互に計測値を交換し、校正や環境へのアクチュエーションを実施

- デバイスを増やしていくと、計測精度が向上していく
- デバイスを増やしても、既存のデバイス群は設定変更不要
- MECノードはデータパターンを学習していく
- クラウドには統計データのみ送信



つぶつぶのイルミネーションノード（LED）を木などに適当に配置する。

各ノードの位置関係に合わせて、端から順番に点灯していく、色が変わっていく、などの協調動作が設定不要で自動でできる。

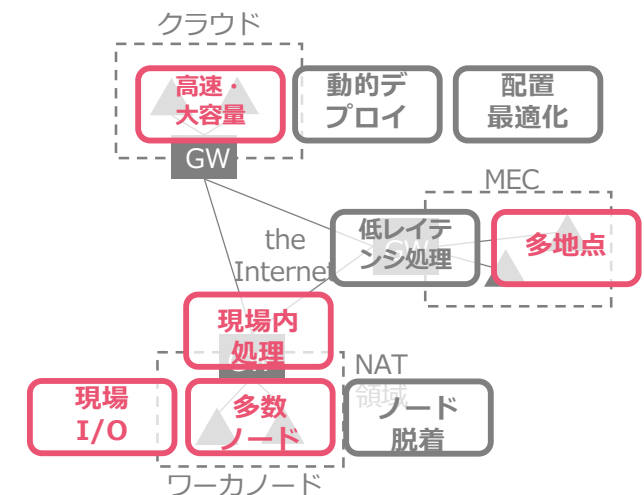




職場の通路に多数設置された「通過検知センサ付き光るノード」により、通路の端で人物検知したら、その人物が通行していく予想経路でフラッシュで提示し、案内および他物体との衝突回避・最適通行を促す。



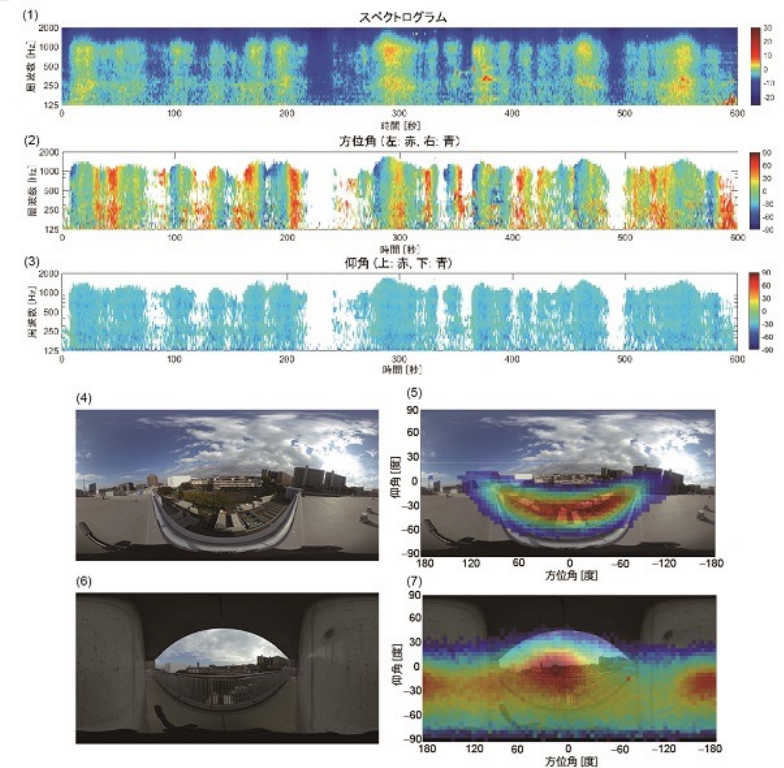
- センサ付き光るノードは順次現場に配備する。
- 案内経路を計算するなどの処理はMEC/クラウド側に配備し、順次機能更新する。



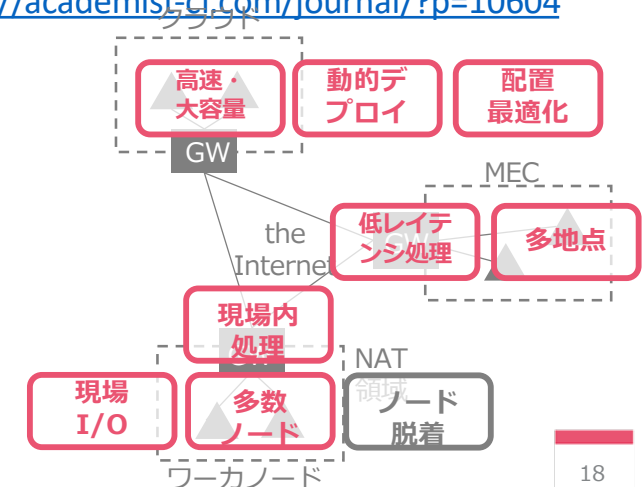


## 8. 環境音の可視化・加工とその共有（音のAR）

- AppleのAirPods Proには外部音取り込みモードがあるが、取り込む音は特に操作されていない。
- 近年の補聴器は、内部に聞こえる音を（聞こえやすさの観点から）操作しているケースがある。
- 聞きたい音だけ聞く、聞きたくない音を消す、ということができないか。
- 環境音処理は、イヤホンやスマホではなく、リソースに余裕があるネットワーク側で実施する。
- さらに、複数の人（デバイス）で取得した環境音情報を共有して、本来は聞こえない音を聞く、可視化するなどができないか。
- 更には分散機械学習を適用し、音源の特定、音による状況判断なども。



<https://academist-cf.com/journal/?p=10604>



マイク付きイヤホンで周辺環境音を常時モニタリングし、選択的ノイズキャンセリング(NC)や注意警告などを実施する

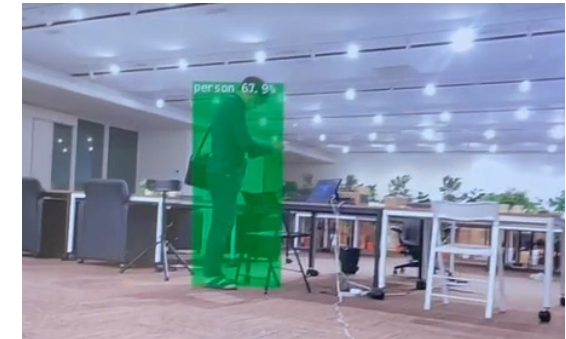
- 動作の例
  - 国道道路脇で、自動車の騒音だけ選択的除去する
  - 上空を飛ぶ飛行機の音だけ選択的除去する
  - 自分に急接近する自動車・バイク等あれば自身に警告を出して回避を促す
  - 会話時に話者認識して名前を通知
  - カクテルパーティ効果補助 / 逆カクテルパーティ効果実施（特定話者のみ選択的除去）
  - 複数デバイスからの集音データをもとに空間合成（音源の空間内位置特定）を実施してもよい
- システム構成案
  - 現場エンドデバイスはマイク付きイヤホン（ステレオ）
  - 集音された音源はexMECノードに送り、音の種別を認識し位置を把握する。また設定等に合わせてユーザに、アノテーション通知、選択的ノイズキャンセリングを実施しエンドデバイスに返送
  - 特定音源が含まれる場合には音源をクラウドに送信し、機械学習で特徴抽出・学習する。学習済みモデルはexMECノードに返送
- B5G.exらしさ
  - Federated Learningの適用
  - 低レイテンシ必要な音声認識はexMECノードで実施
  - エンドデバイスはIO特化で高いプロセッサ能力不要
  - 計算能力必要な学習処理はクラウドで実施
  - 多数のエンドデバイスが同時に参加、空間データを共有
- 難しさ
  - 音声認識、学習モデルの作成
  - ノイズキャンセリング（波形合成）
  - 音声処理に関するスキルを持った人材がいなければ、実装は現実的ではない

## → 9. 分散協力型 画像認識 (AR)

複数地点で協調して画像認識する (例: 自動車車種特定)

### • 動作の例

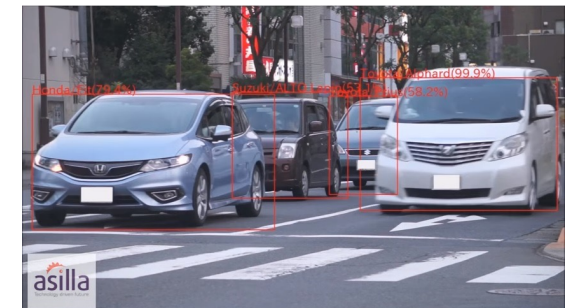
- 屋外撮影の画像認識で自動車を認識するが、メーカーや車種まで特定
  - マニア向け詳しい画像認識モデルを共同作成・共有可能
- 鉄道や、樹木など様々なジャンルで実施可能
- 全国展開フランチャイズ店などで出入り禁止人物の顔認識など



<https://www.t.u-tokyo.ac.jp/press/pr2022-05-26-001>

### • システム構成案

- 現場exMECデバイス (カメラ付き) は現場画像を撮影する
- エッジexMECデバイスは動画像から物体認識する (学習済みモデルはクラウドから送られてきた、詳細車種特定可能なもの)
- 未知の自動車車種画像はクラウドに送られる
- 別途詳しい人が車種を特定してラベルを作成、学習モデル生成



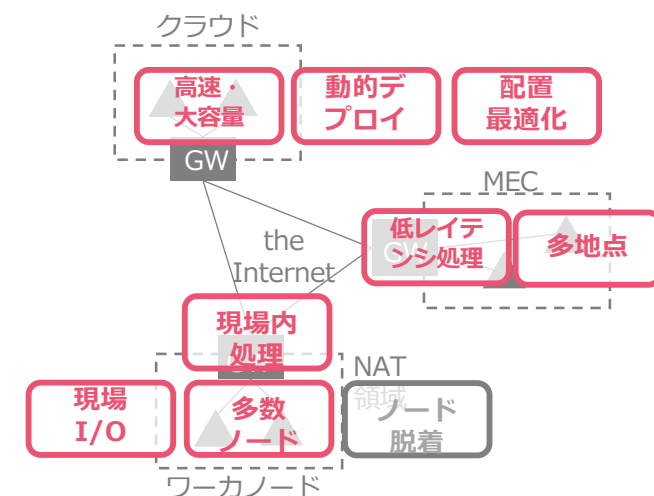
<https://pr.asilla.jp/entry/acr-201710>

### • B5G.exらしいポイント

- Federated Learningの適用
- 低レイテンシが必要な画像認識はexMECノードで実施
- エンドデバイスはIO特化で高いプロセッサ能力不要
- 計算能力が必要な学習処理はクラウドで実施
- 多数のエンドデバイスが同時に参加、空間データを共有

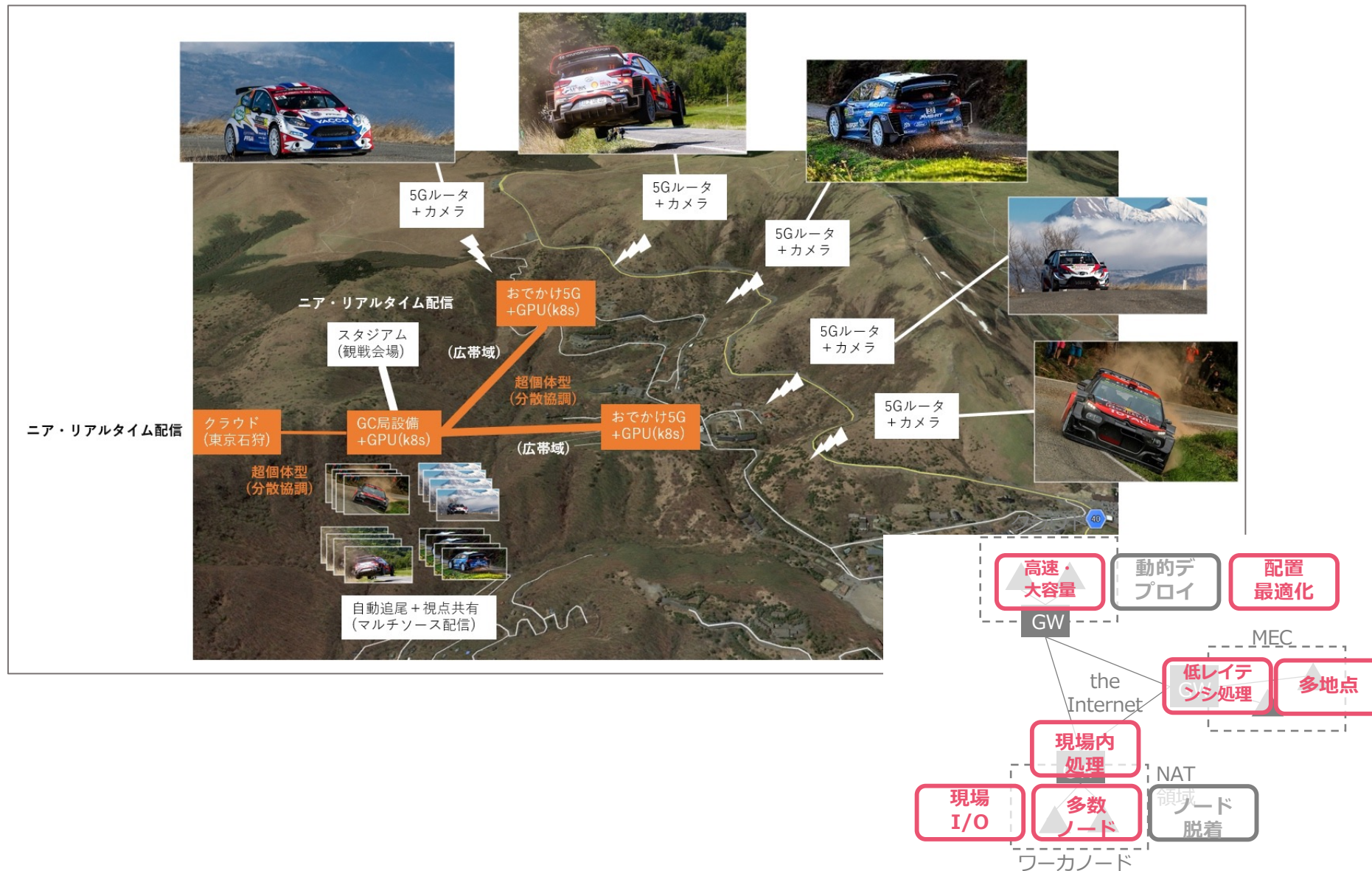
### • 難しさ

- 手垢がついている



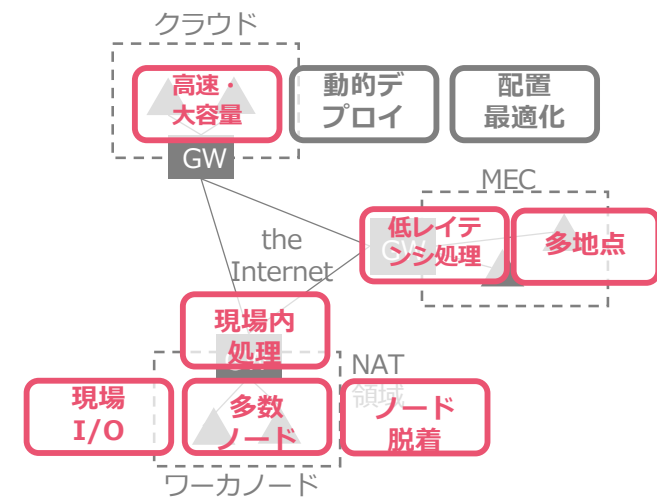
# → 10. 屋外型スポーツ中継・観戦システム(WRC)

マラソン、モータースポーツなど、観戦エリアが広いものに有効。



# ライブ・コンサート等イベントでのユーザ間での視点映像のリアルタイム共有

- 観客はそれぞれ、カメラと表示装置をもつ
- 観客は各自のカメラ画像をエッジノードにuploadする
- エッジノードでは、画像認識、多視点（マルチアングル）統合処理を実施
- 自分が見ていないアングルのライブ映像をリアルタイムで受信閲覧できる。



番号	アプリ例名称	高速・大容量	動的デプロイ	配置最適化	低レイテンシ	多地点	現場内処理	現場I/O	多数ノード	ノード脱着	実装難度	おすすめ	備考
1	イベント人流分析	○					○		○	○			
2	ルンバ協調動作				○		○	○	○				
3	ドローン全周撮影	○			○		○	○	○				実施例多数
4	砂絵テーブル						○	○	○				純デモアプリ
5	室内センシング	○					○	○	○	○		○	
6	分散協調イルミネーション						○	○	○	○			
7	光る通路案内	○				○	○	○	○				
8	音のAR	○	○	○	○	○	○	○	○		難	○	
9	分散協調画像認識	○	○	○	○	○	○	○	○			○	実施例多数
10	屋外スポーツ観戦	○		○	○	○	○	○	○		難		大掛かり
11	イベント空間共有	○			○	○	○	○	○	○		○	

各項目の採点は主観的であり、様々な意見も伺いながら修正していく必要あり。

- Beyond 5Gの特徴の整理
  - 超高速・大容量、超低遅延、超多数同時接続、超低消費電力、超安全・高信頼、自律性、拡張性
- B5Gアプリとは？
  - B5Gの特徴を活かせるアプリケーション
    - → (既存の) 「デバイス+データクラウド処理」 だけではない構成を持つことが可能
- B5Gアプリで前提とするシステム構成(B5G.ex)
  - デバイス・エッジ・クラウド+プラットフォーム
    - →処理のデプロイ、デバイスディスカバリ、メッセージング...
- B5Gアプリケーションの例
  - デバイス+MEC・クラウドで、大容量、低レイテンシ、動的構成などの特徴を持ったアプリの例
- 面白いアプリを作っていきましょう！