

[ROSCon JP 2023]
サイバーフィジカルシステム向けサービス基盤の実現に向けた
ROS2ベースの情報流通基盤および
実証実験の取り組みについて

2023/9/26

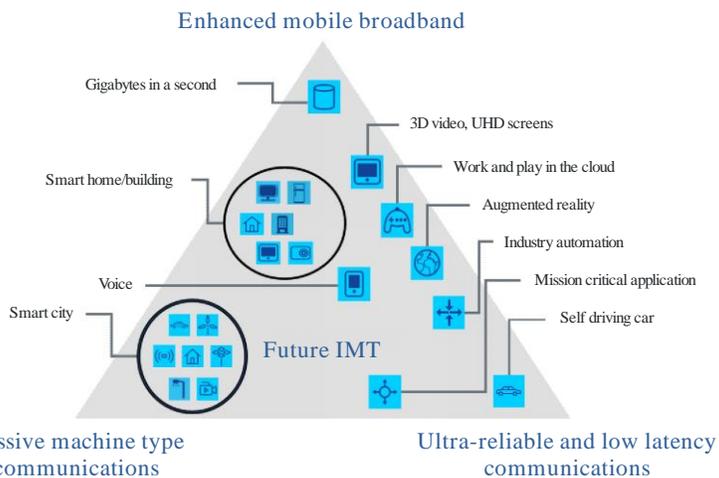
NTT ネットワークサービスシステム研究所

東 信博 木津 貴秀 徳永 和宏 東條 琢也 桑原 健

本発表の構成

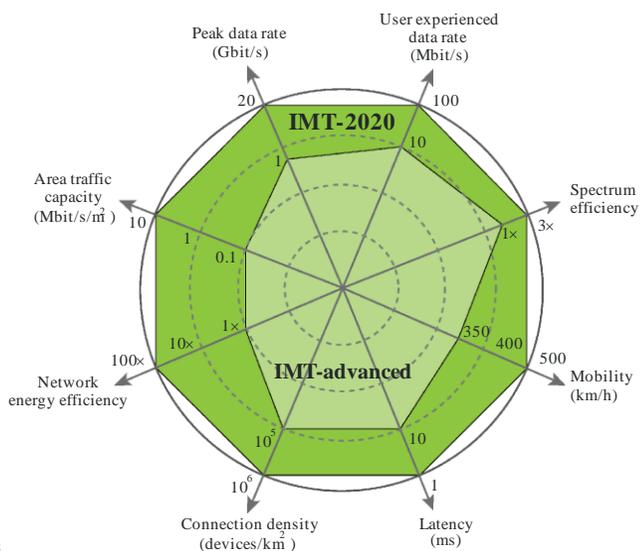
- 背景
- 課題
- 協調型インフラ基盤/協調制御GW
- 実証例

- 少子高齢化の進展等に起因する各種社会課題への対応
 - これまで人手で行ってきた作業の省力化/自動化/高付加価値化が急務
- 情報通信技術の発展
 - 通信の高速・大容量化に加え、信頼性・遅延要件の厳しいミッションクリティカルなサービス等についても今後収容可能に

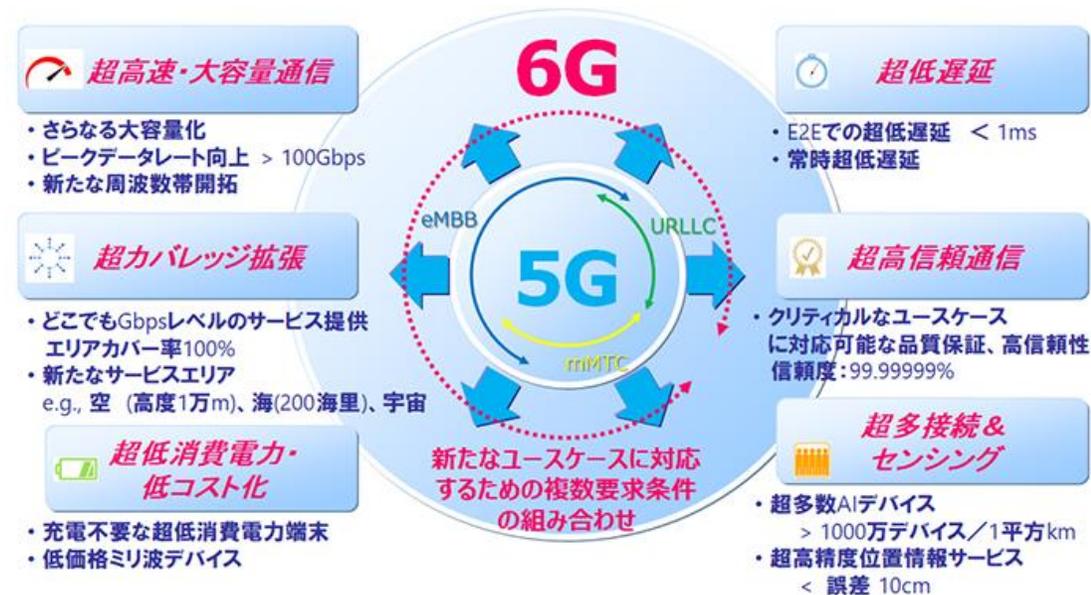


出典: ITU-T, "IMT-2020 Background," M.2083-02

<https://www.itu.int/md/R15-IMT.2020-C-0001>, 2016



M.2083-03



出典: NTTドコモ ホワイトペーパー "5Gの高度化と6G,"

https://www.nttdocomo.co.jp/corporate/technology/whitepaper_6g/, 2021

- Cyber-Physical System(CPS)

- 仮想空間と実空間の緊密な相互作用により特徴づけられるシステム

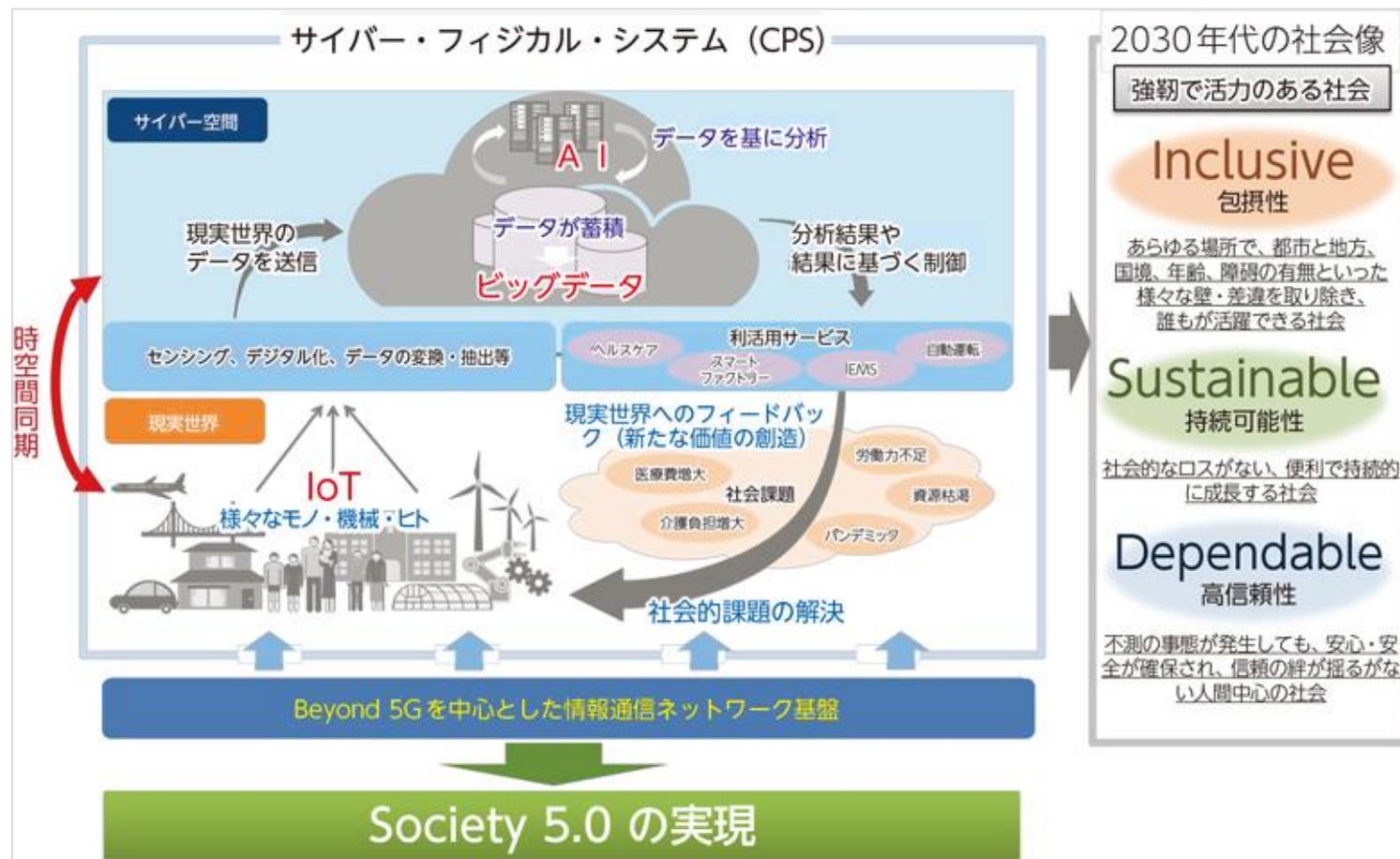
- ユースケース例

- 車両の遠隔監視・自動運転(乗用車, 物流トラック, 農機等)

- エネルギーマネジメント

- スマートシティにおけるエリアマネジメント等

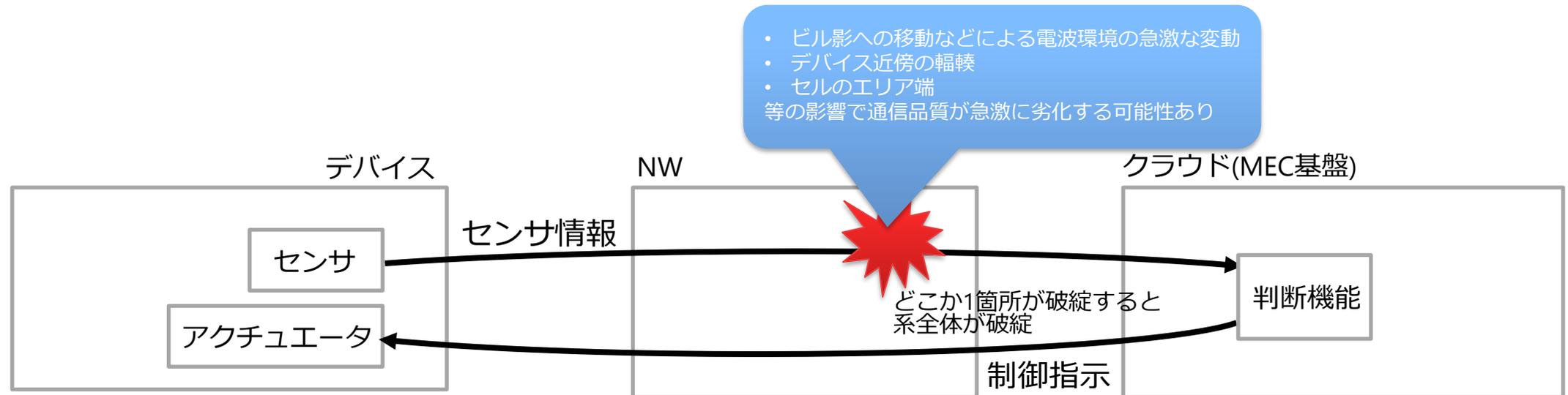
- 各種社会課題の解決策として期待



出典：「令和2年版情報通信白書」（総務省）
<https://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/ja/r02/html/nd141100.html>
licensed under CC BY 4.0 <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ja>

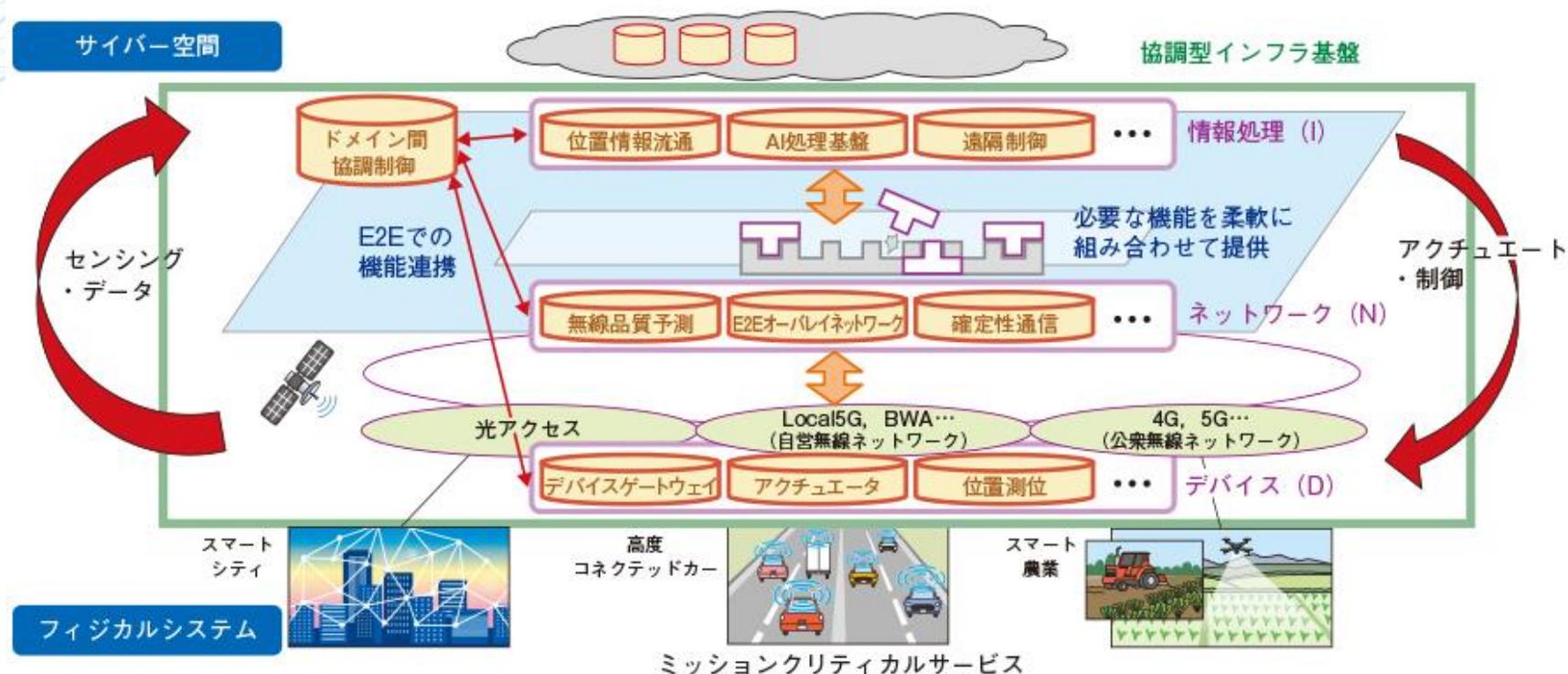
実現に向けた課題

- CPSを構成する系全体(デバイス/NW/クラウド)での安定性/低遅延性の確保
 - 特に、デバイス自体の移動や、他の外乱要因などに起因するNW品質変動への対応が必要
 - ロバストなNWの実現が必要不可欠
 - 低遅延な通信の実現 → MEC (Multi-Access Edge Computing)基盤の利用
- CPSサービス構築の負担軽減
 - NWの存在を意識させない(デバイス-MEC間のデータ流通のサポート)
 - CPSにおける基本動作(取得・判断・制御指示)のロジックを簡単に組めるように



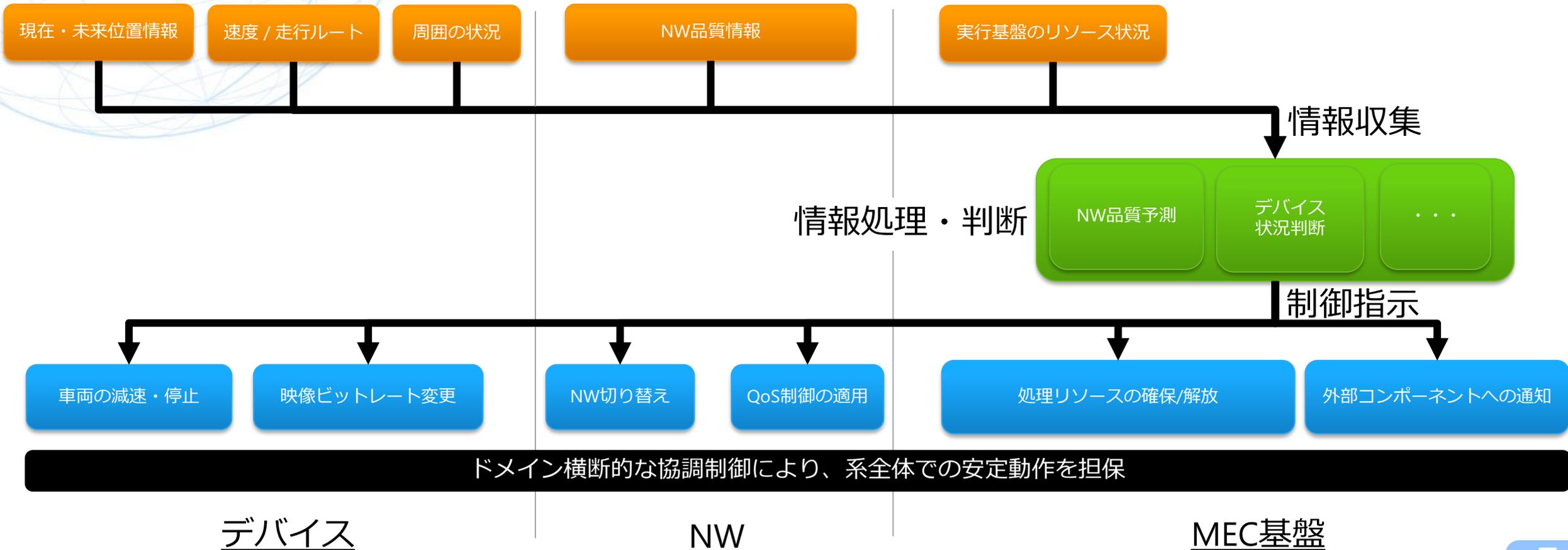
協調型インフラ基盤のコンセプト

- 情報処理基盤(MEC基盤)、ネットワーク、デバイスの3つの間の協調制御により、エンド・ツー・エンド (E2E) でサービス要件を満足し、ミッションクリティカルなサービスの提供を実現するための基盤技術
- 複数のドメインが協調して動作することで、従来の構成では実現できない高度なサービスの提供を目指す



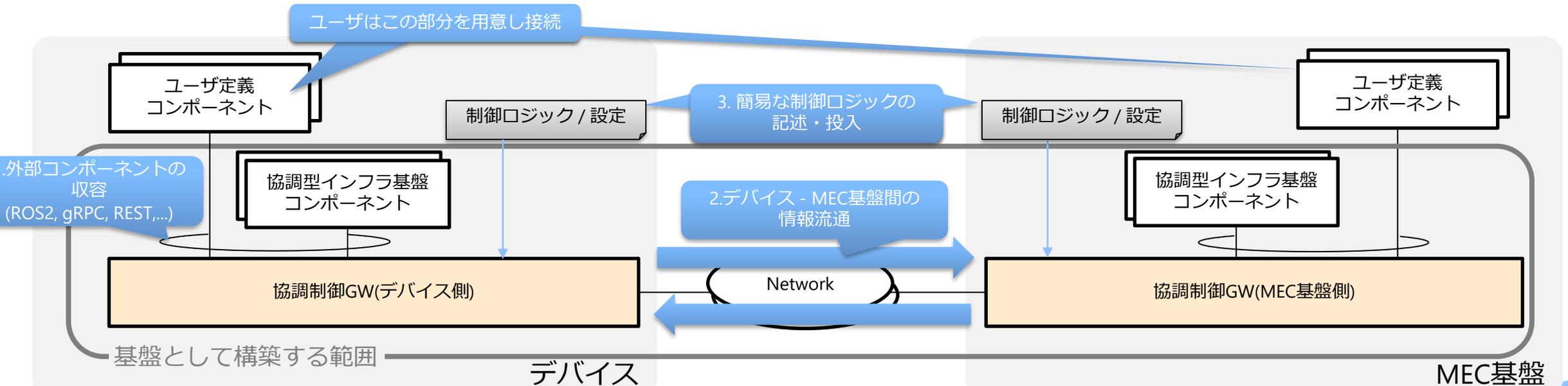
デバイス/NW/MEC基盤の協調制御

- 様々な情報をもとに、ドメインをまたぐ多数の制御対象に対する統合的な制御
- 系としての全体最適な制御を実現



協調制御GW

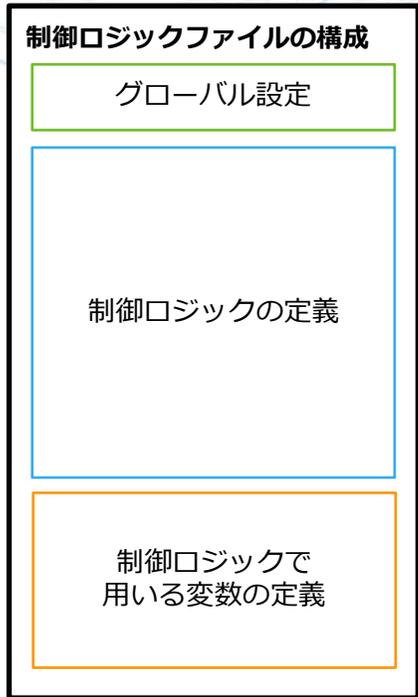
- 協調型インフラ基盤を構成するコンポーネントのひとつ。ROSノードとして実装。
- E2Eでの安定した基盤の提供、およびサービスの柔軟な収容を実現するため、以下の3つの機能を提供
 1. 外部コンポーネントの収容
 - 農機・車・ドローン等の各種制御PFやデバイス自体との連携を志向し、ROS2のTopic通信をサポート
 - このほかgRPC, HTTP/RESTにも対応
 2. デバイス - MEC基盤間の情報流通
 3. 協調制御における基本的な動作(入力・判断・指示)を制御ロジックとして簡易に記述可能に(次頁)



制御ロジック/設定ファイル

- 情報取得・判断・制御指示を簡易に記述
- 機器構成や実現したい内容に応じて、柔軟に処理を変更・チューニング可

制御ロジックファイル 記載イメージ (MEC基盤側)



```
policies:  
# デバイス側協調制御GWから受信した情報をもとに、将来のNW品質を問い合わせ  
RSRPAndFuturePositionPolicy:  
  trigger: immediate  
  sources:  
    - rsrp_and_future_position  
  actions:  
    # 外部のNW品質予測エンジンに問い合わせを実施  
    - name: nw_prediction_get  
      args:  
        # 問い合わせ時のパラメータ  
        request_body: info_from_device  
        # 問い合わせたNW予測値情報を`nw_predictions`に格納  
        result_name: nw_predictions  
        mode: sync  
  fallthrough: true  
  
# NW予測値をもとにNW切り替え要否の判断、および(NW切り替え要の場合は)制御指示を実施  
ReassignAndSendFlowControlPolicy:  
  trigger: immediate  
  sources:  
    - rsrp_and_future_position  
  # NW切り替えが必要かどうかを判断  
  condition: check_flow_reassignment(nw_predictions, flows, nw_priorities)  
  actions:  
    # NW切り替えが必要と判断された場合、フローの再割り当て指示を作成し、デバイス側へ連携  
    - name: coop_network_control  
      args:  
        flow_list: get_reassigned_flows(nw_predictions, flows, nw_priorities)
```

制御ロジックのトリガ条件

実行内容

制御指示の実行要否判断

制御指示

```
variables:  
# デバイス側協調制御GWから受信した情報をinfo_from_deviceに格納  
info_from_device:  
  provider: coop_rsrp_and_future_position  
  trigger: immediate  
  sources:  
    - rsrp_and_future_position  
  timings:  
    - policy  
# 以下、フロー情報や、NW優先度などを定義
```

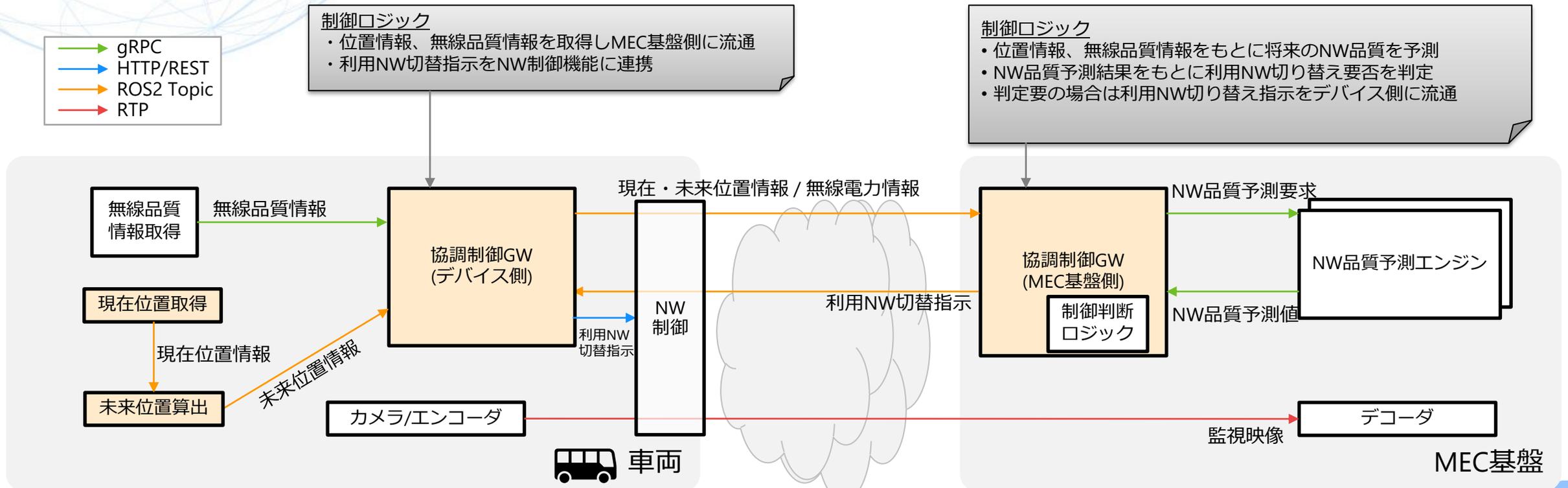
取得した情報を
制御ロジックで使えるよう定義

設定ファイル 記載イメージ(MEC基盤側)

```
mec_gw:  
  ros_parameters:  
    policy_file: /root/config/policy_mec.yml  
  
# 収容するコンポーネントの有効化/無効化の選択  
nw_prediction_enable: 1  
# 収容するコンポーネントのエンドポイント情報  
nw_prediction_url: http://10.0.0.10/  
  
aef_coop_client_enable: 1  
aef_coop_url: ros2://0.0.0.0:0/  
  
# ROS2 topicなどのQoS設定も実施可能  
qos_rsrp_and_future_position_info_topic_pub_reliability: reliable  
qos_rsrp_and_future_position_info_topic_pub_history: keep_last  
qos_rsrp_and_future_position_info_topic_pub_depth: 1  
qos_rsrp_and_future_position_info_topic_pub_durability: volatile
```

- これまでにラボ環境や農場等で協調制御の効果・実現性を評価
 - 走行状況に応じた映像解析用処理リソースの追加、NW状況に応じた映像ビットレート変更など
- 現在は車両の遠隔監視の実証実験を実施中
 - 走行中の車両から取得可能な情報をもとにMEC基盤側でNW品質劣化を予測し、実際のNW劣化前に、映像伝送に利用するNWを切り替えられることを確認

実証構成イメージ



- 社会課題の解決に向け、CPSの社会実装を促進を目指し、協調型インフラ基盤および協調制御GWのコンセプトを紹介
 - 安定した系を実現するための協調制御
 - ROSコンポーネントとの連携を志向
 - デバイス-MEC間のNWの意識させない情報流通
 - 簡易なロジック記述機構
- 実用化に向けた実証実験の取り組みの紹介