

# スマートモビリティプラットフォームの実現に向けた ドローン・自動運転車の協調制御プラットフォームの研究開発

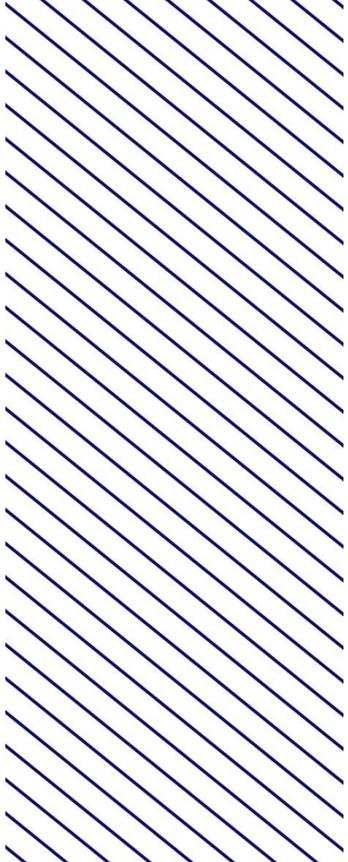
KDDI株式会社 社会実装推進室 モビリティサービスG 佐藤雄大

2022年 12月 5日

Tomorrow, Together



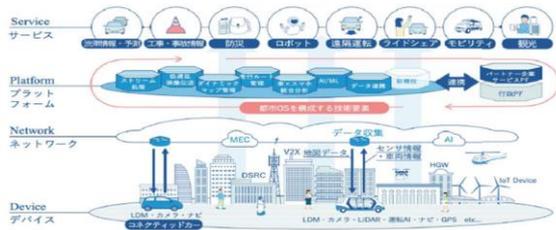
- 1 スマートモビリティプラットフォーム研究開発の背景・目的
- 2 B5Gテストベッドを活用した評価実験について
- 3 今後の取り組み



# スマートモビリティプラットフォーム 研究開発の背景・目的

# スマートモビリティプラットフォーム研究開発の背景・目的

- 本研究開発では、ユースケースの構築を目指し、まずはBeyond 5Gが実現するであろう2030年に向け、KDDIの目指す姿や世界観をもとに有望な実証領域を提示
- KDDIは日本が目指すSociety5.0 の実現に向けて、2030 年代の社会像を独自に構想し、以下のような未来を予測
  - 2030 年以降、リアルとバーチャルの間にあるすべてをデータが結び付け、何かと常に接続している社会システムになる
  - **ロボットは社会システムのプラットフォームの重要要素として実装されるだけでなく、協調・連携することで我々の生活に自然な形で入り込む**
- 上記のような構想をもとに、**ロボティクスの中でもドローン・自動運転車はモノ・ヒトの移動という生活インフラを支える重要な手段と提言**



2030 年に向けたKDDI のプラットフォーム構想

#	9つの変化	変化により実現する未来
1	食の変化	一人ひとりにオーダーメイドされる食の未来
2	購買の変化	買い物は無意識に。自分の時間がふえる購買の未来
3	健康づくりの変化	負担なく、個人で健康管理出来る未来
4	学びの変化	誰もが教え・教わる、学びの選択肢が広がる未来
5	趣味・遊び方の変化	アマチュアとプロの境界がなくなる趣味・遊びの未来
6	交流の変化	新しい関係が広がる、安心・安全でボーダーレスな未来
7	働き方の変化	自分で働き方をデザインする、個人がグローバルに活躍する未来
8	休養の変化	もっと想いのままに過ごす休養の未来
9	住み方・暮らし方の変化	場所にしばられず、自由に暮らしていく未来

KDDI が想定する2030 年に起きる9 つの変化

9 つの変化の中でも、au を起点とする**生活者との接点、プラットフォーム構築による社会的なインパクト、B5G の意義（ネットワーク拡張性）**を考慮すると、購買の変化、住み方・暮らし方の変化、働き方の変化に関連する**実証実験として有望と考えられる領域を特定**

- ドローンと自動運転車を始めとする次世代モビリティによる最適物流
- 次世代モビリティによる社会インフラ維持・メンテナンス

KDDI Beyond5G/6Gホワイトペーパーより

# 本研究開発の検証事項と波及・展開

- 前述のユースケースのうち、モノ・ヒトの移動の検証にもつながる「次世代モビリティによる自由な場所での暮らしと必需品の配送」を選択し、将来的なサービス提供プラットフォームの拡張を提言

## 本研究開発の検証事項

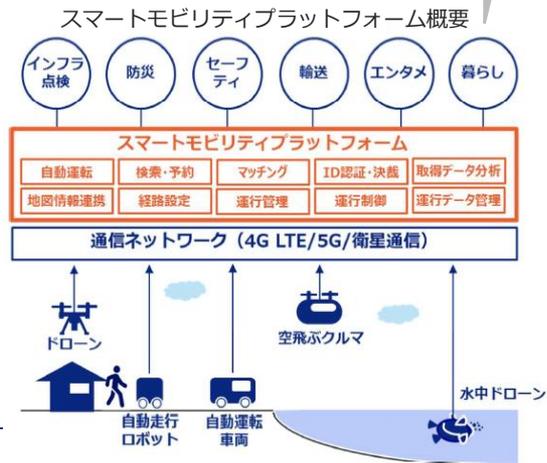
本研究・実証においては以下のような目的をもとに「次世代モビリティによる自由な場所での暮らしと必需品の配送」の実証につながる基盤技術の研究開発と実証実験を行う

- 生活者への幅広いサービス展開が見込まれる
- モノの物流の最適化に加え、よりミッションクリティカル性の高いヒトの移動の検証にもつながる
- ロボットが協調するプラットフォームの有効性を検証できる

## 本研究開発の波及・展開

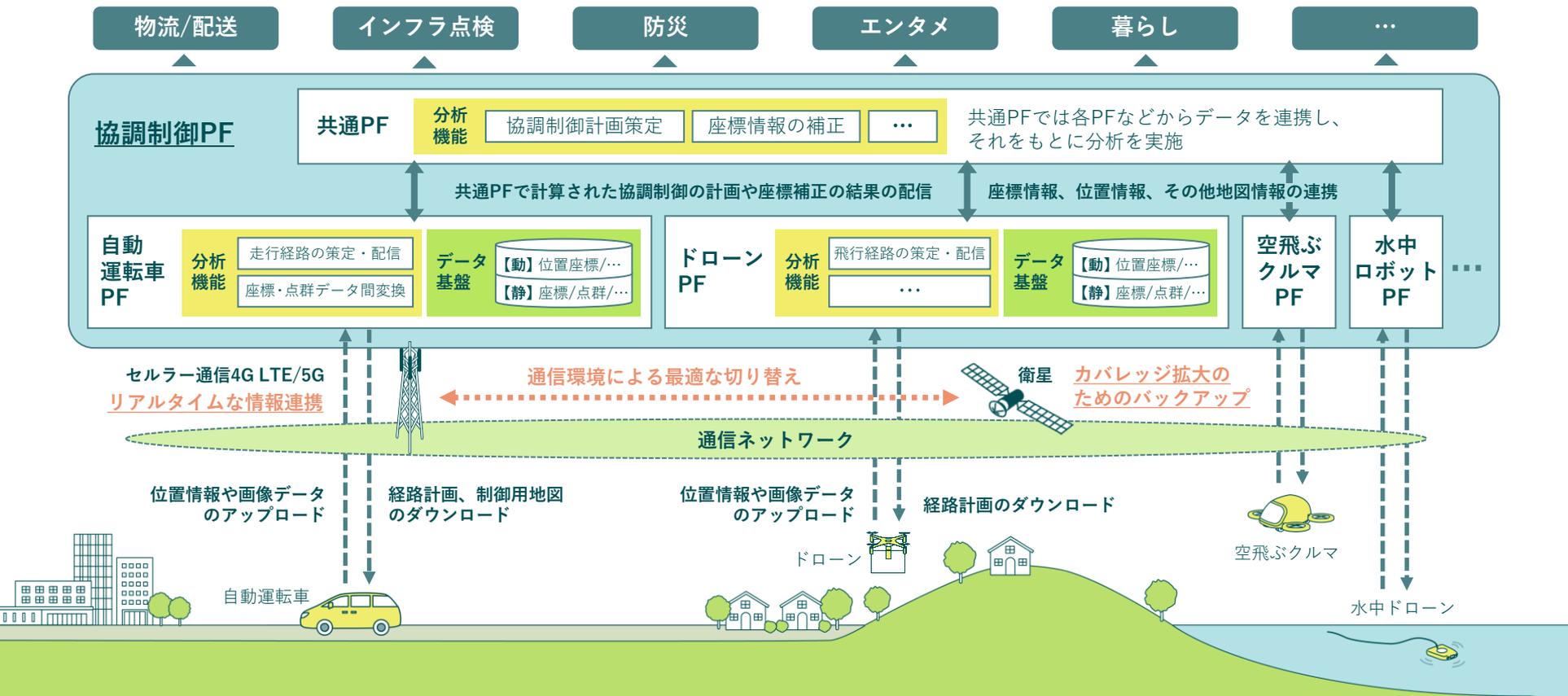
ユースケース・プラットフォームの波及効果・展開を提言

- ドローン・自動運転車だけでなく、空飛ぶクルマや水中ドローン等あらゆるロボットが加えた**スマートモビリティプラットフォームとして発展する**
- 物流最適化や陸上でのヒトの移動にとどまらず、空を含めたヒトの移動の選択肢の増加や、インフラメンテナンスにおける一部の点検・作業代替だけに留まらない海も含めた広域かつ高度な社会インフラメンテナンス（リモート点検・リモートメンテナンスなど）の実現に寄与
- 上記のような、**様々な分野・サービスへの横展開により、社会基盤として成立し得る**



# 将来的に目指す協調制御プラットフォームのイメージ(2030年)

将来目指す協調制御PFでは各モビリティPFと連携し、共通PFで各アプリケーションに向けた協調制御の計画策定や各モビリティ間の座標情報の補正を行うことで協調制御を実行

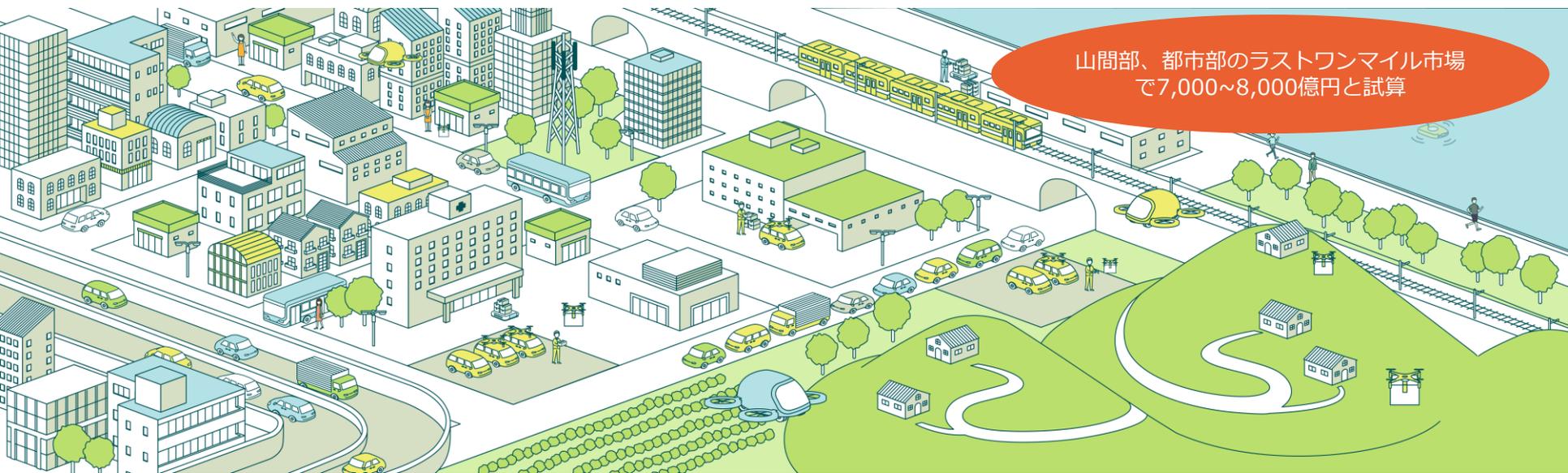


# 協調制御PFにより実行されている配送のイメージ(2030年)

協調制御PFで自動配送車とドローン、UGV\*が自動で配送する姿を、有望な事業機会・ユースケースとして想定される都市部の医薬品配送や山間部のヒト・モノ輸送を中心に策定

都市部：協調制御による医薬品の自動配送 ▶

自動ルート計画に則り渋滞を避けながら自動運転車で荷物を病院敷地内まで運び、最後はUGVが病院内まで入り各病棟に荷物を送り届け、周辺の薬局へはドローンで玄関まで配送



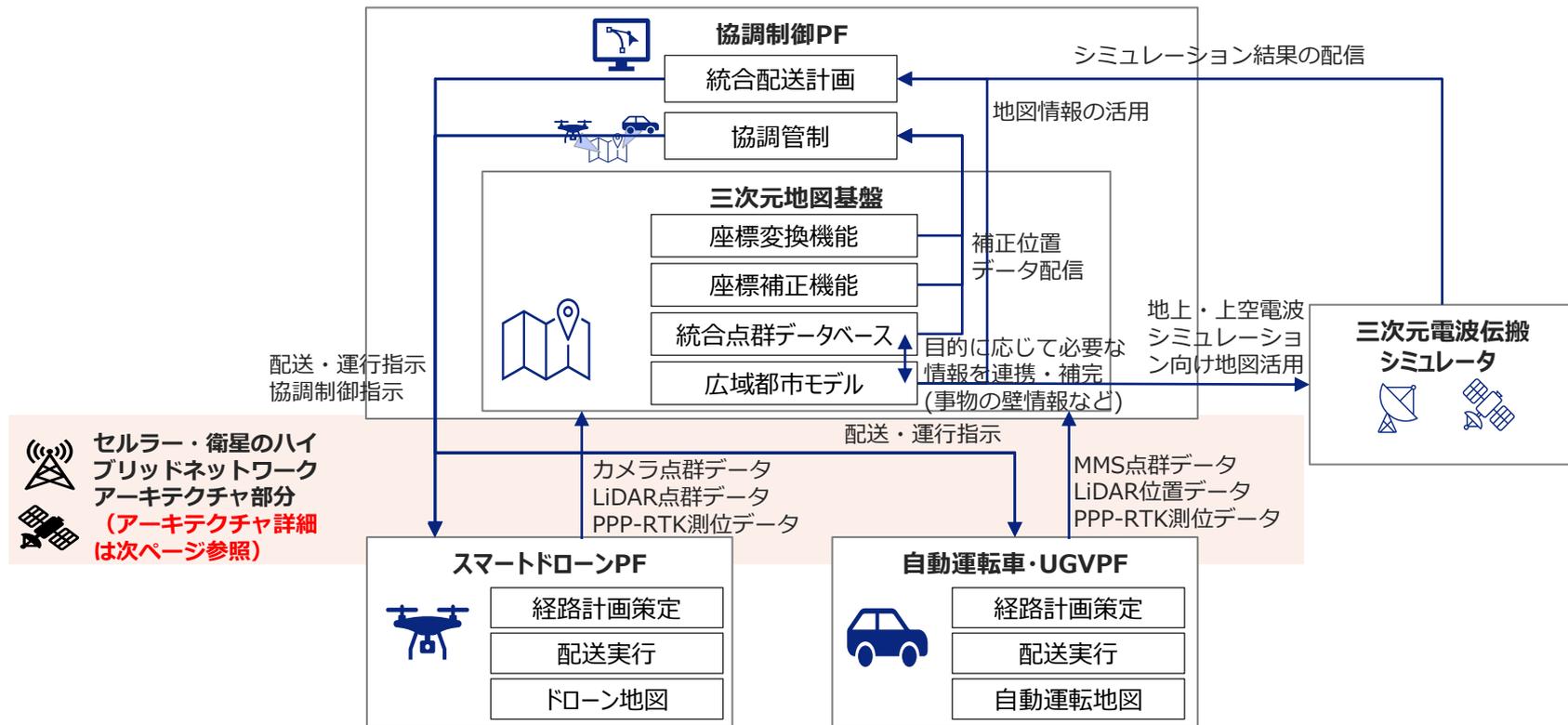
山間部、都市部のラストワンマイル市場  
で7,000~8,000億円と試算

ルート計画に則り、山の舗装された道路まで自動運転車で荷物を運び、ドローンで目的地まで配達、自動運転車はそのままヒトを運べる所まで送迎

◀ 山間部：協調制御によるヒト・モノ自動輸送

# FY24で目指すアーキテクチャ(1/2) : PF部

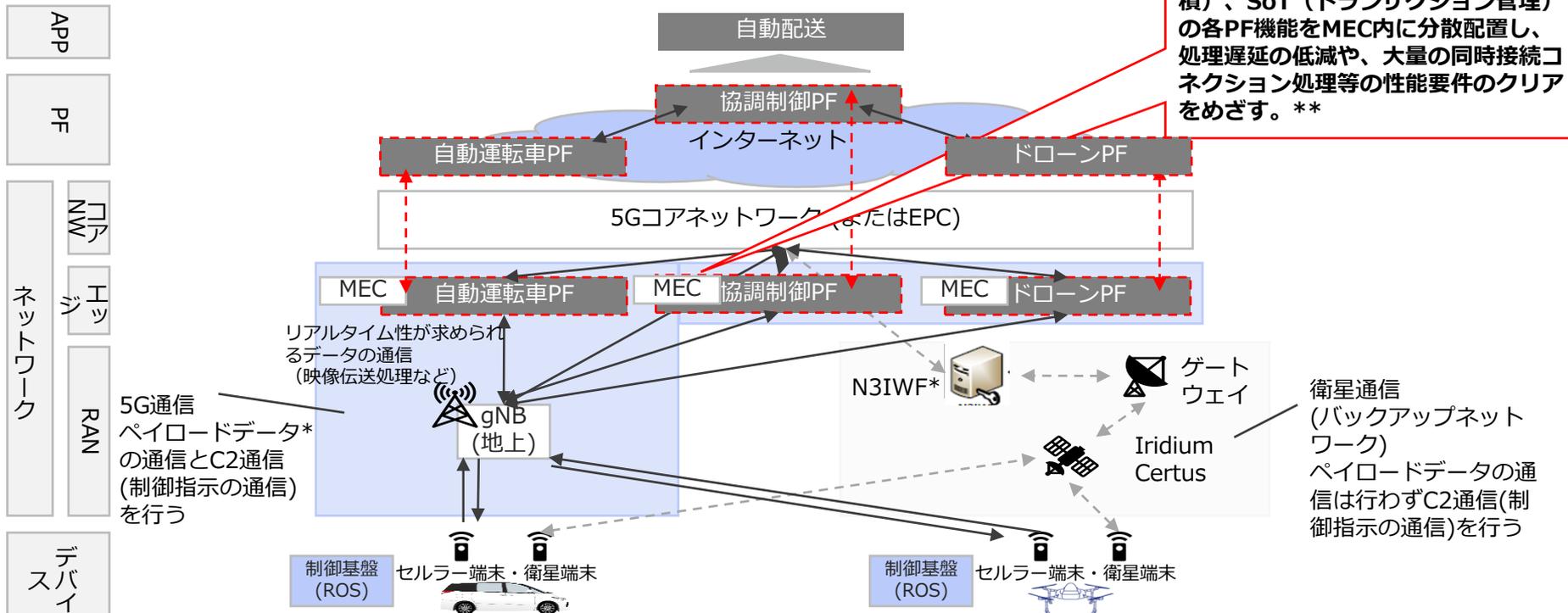
- 協調制御PFの重要な基盤として三次元地図基盤を定義し、各モビリティから得られた地図情報・位置情報を三次元地図基盤によって共通化のうえ、各機能に配信していくアーキテクチャ構造を目指す



# FY24で目指すアーキテクチャ(2/2) : ネットワーク部

- セルラーのコアネットワークでの統合アーキテクチャを構築を進めるが、本アーキテクチャの中でも、PFの機能配分に基づくMECの適切な設計が研究開発上のチャレンジと想定

## セルラーのコアネットワークでの統合※

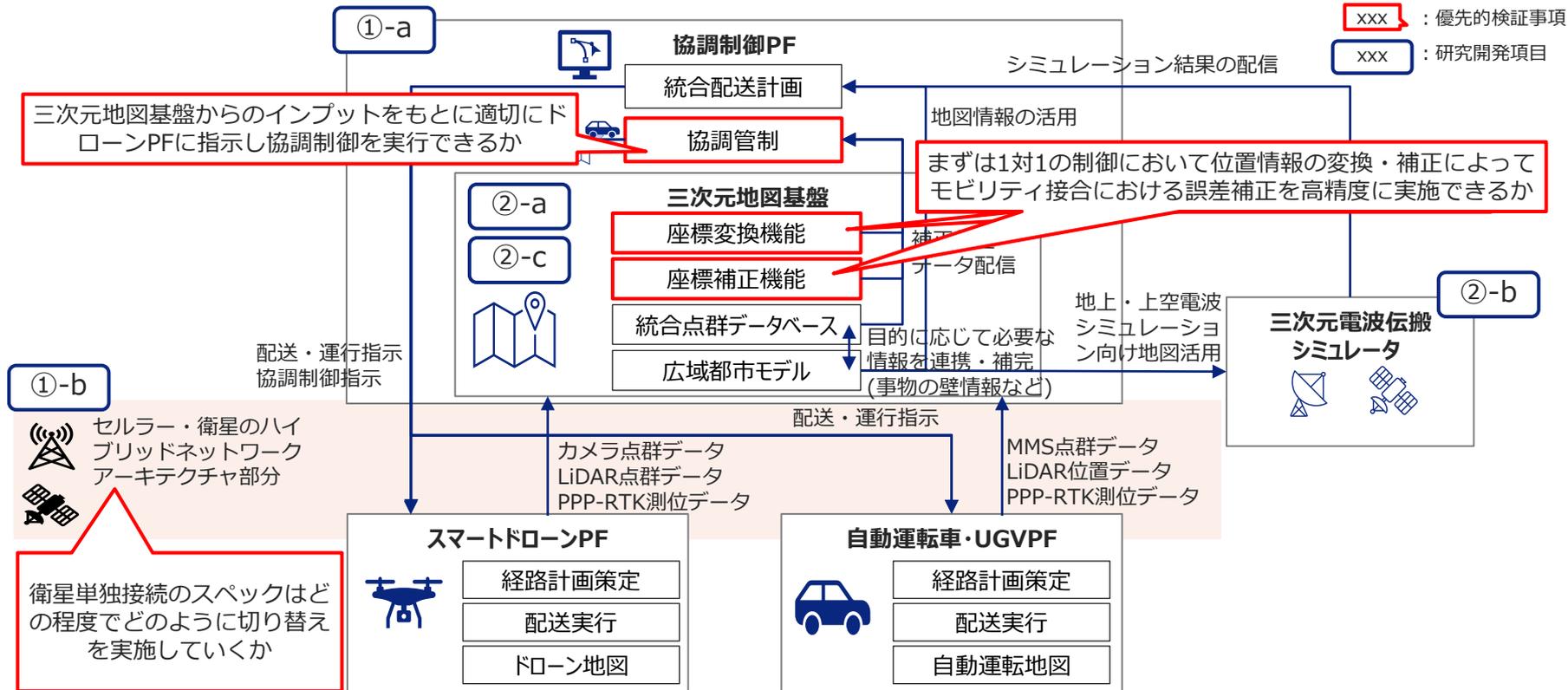


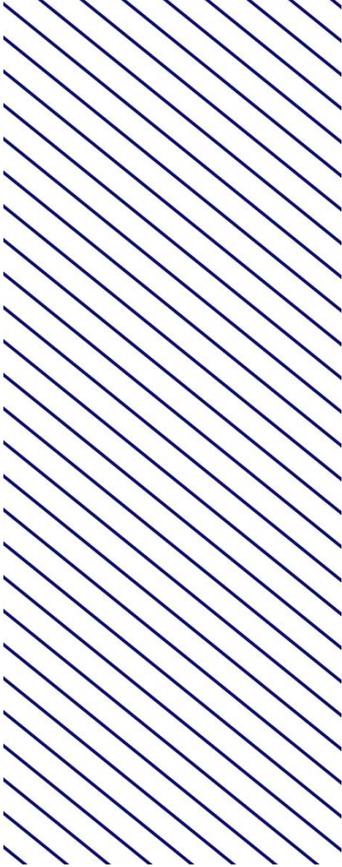
**MEC設計のチャレンジ :**  
 SoE (データ処理)、SoR (データ蓄積)、SoT (トランザクション管理)の各PF機能をMEC内に分散配置し、処理遅延の低減や、大量の同時接続コネクション処理等の性能要件のクリアをめざす。\*\*

※ FY22段階ではまずはインターネット上のGatewayでの統合を目指している  
 \*動画データ、地図データ、センサーデータなど  
 出所 : Sat 5G™ D3.1 Integrated SaT5G General Network Architecture™, ESA S-Edgeなどから分析

# FY24で目指すアーキテクチャ(PF部)のうちFY22の優先的検証事項

- 前ページの位置づけを踏まえ、FY24で目指すアーキテクチャのうちFY22では座標変換・補正機能に基づく誤差補正とそれに基づく協調制御実行、衛星接続スペックを優先検証事項として実地で検証





# 九州工業大学 B5Gテストベッドでの 評価実験について

## 1. 協調制御PFを使って自動運転車上にドローンを着陸させ、その着陸精度を評価

⇒ 協調制御PFの介在により、着陸精度は向上するのか？

## 2. テストベッドMEC環境の通信遅延時間の測定試験

⇒ 協調制御PFはMEC環境利用により、どのようなメリットがあるのか？

日程：2022/9/26-10/7

場所：九州工業大学 戸畑キャンパス GYMLABO駐車場（B5Gテストベッド環境）

# 1. 協調制御PFによる着陸精度の評価

- 協調制御機能による着陸精度を評価するため、牽引車上の着陸目標とドローンの着陸位置の差分を計測

## 協調制御 **有**

- ・ 自動運転車の停車位置に基づき、協調制御PFがドローンへ着陸位置を指示



- ✓ 協調制御 有の場合、車両の停車位置に関わらず、全て牽引車上へ着陸できた

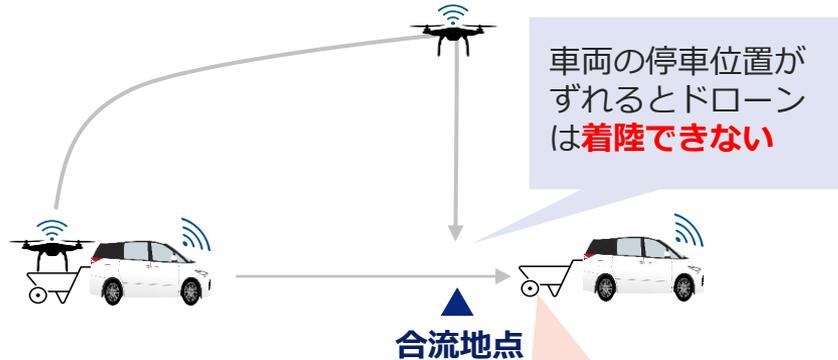
着陸精度：25%値 / 中央値 / 75%値 = 16.7cm / 23.3cm / 28.9cm

⇒ ドローン単体の機体制御精度と同程度の精度が出ることを確認

- ✓ 協調制御 無の場合、車両の停車位置がずれた場合、牽引車上へ着陸できなかった

## 協調制御 **無**

- ・ 予め決められた合流地点へ、ドローンと車両が移動

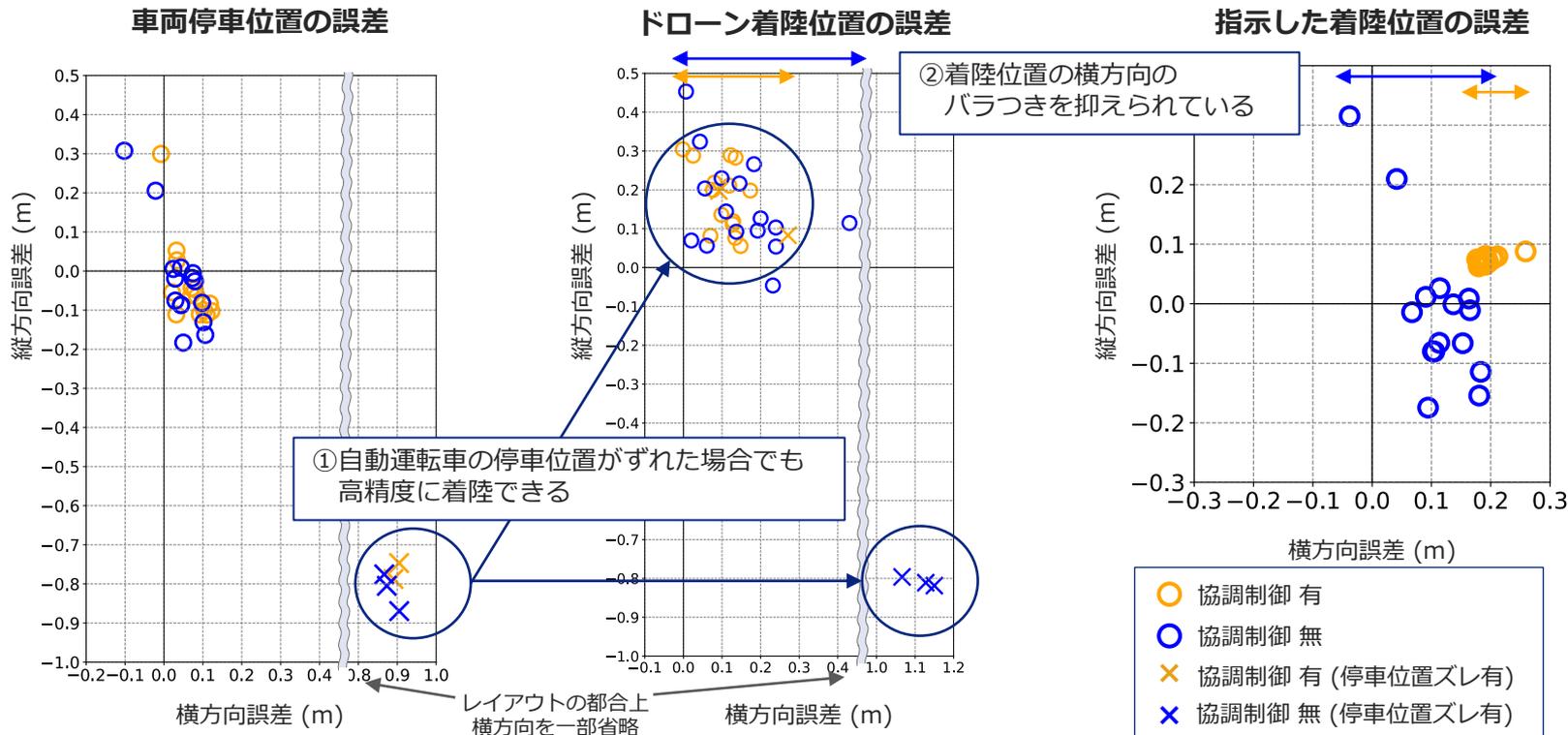


### 停車位置ずれの要因例

- ✓ 現地に来て初めて判明した障害物を避けたため
- ✓ 点群地図の精度不足

# 1. 協調制御PFによる着陸精度の評価

- 協調制御機能により車両の停車位置がずれた場合でも、ドローンが正確に着陸できることを確認
- 協調制御機能によりドローンの着陸位置の横方向のバラつきを有意に抑えられることを確認



ドローンは協調制御PFの指示により  
徐々に降下しながら牽引車上に着陸する

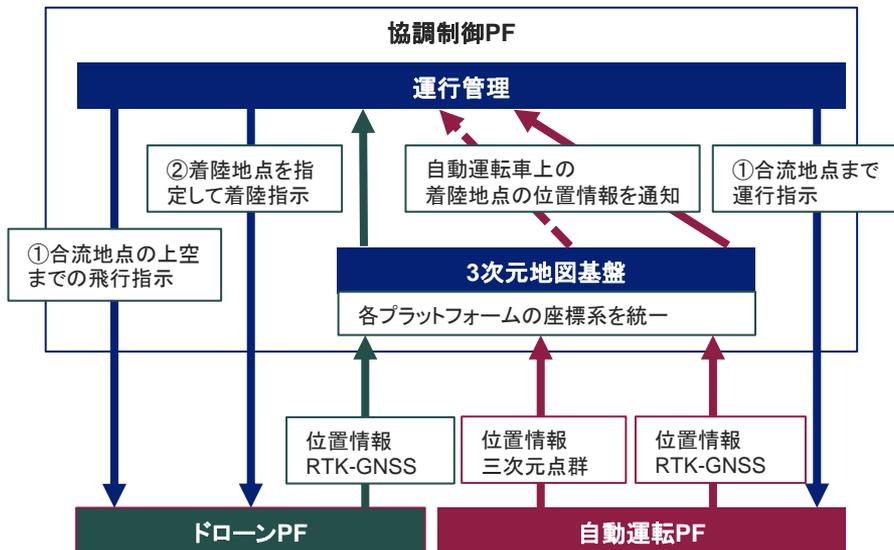


牽引車上に着陸後のドローン



# 協調制御プラットフォームの特長

- 自動運転車の実際の停車位置をもとに着陸地点を計算し、ドローンへ指示する  
⇒ 車両が着陸地点付近で停車したことを検知すると、ドローンに対して着陸指示を行う
- 座標系が異なるプラットフォームの座標系をそろえる  
⇒ 座標系(今期・元期\*1)が異なると1m弱の程度の位置情報の違いが生じる



着陸誤差 = クルマの停車位置のズレ + 各PFの座標系の違い + クルマの測位性能の誤差 + ドローンの測位性能の誤差 + ドローンの機体制御性能誤差

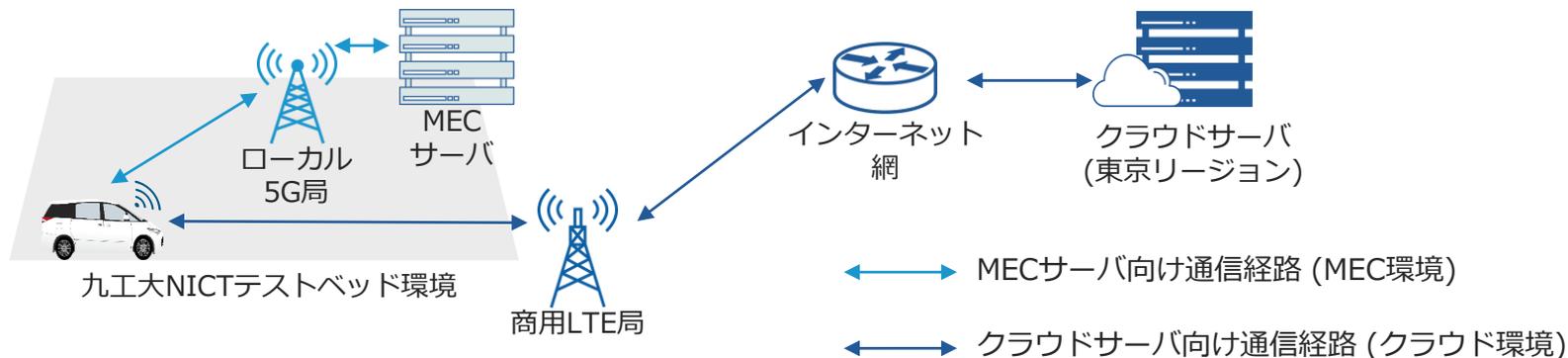
協調制御プラットフォームで抑制できる誤差

ネットワークRTK-GNSS利用により誤差を抑制

\*1 今期 (こんき) : 元期以降に観測を行った測量成果に基づく座標系、地殻変動により時間とともに元期と差異が生じる  
元期 (げんき) : 国土地理院から一般に公開されている測量成果 (測地成果2011) に基づいた座標系

## 2. テストベッドMEC環境の通信遅延時間の測定試験

MEC環境利用による遅延時間のメリットを明確にするため、遅延時間の計測を実施



計測方法： 九工大NICTテストベッド内から、MECサーバとクラウドサーバ向けにping送信し、RTT値を計測

計測日時： 10/7 11:41 - 13:47 (126分間)

利用端末：

ローカル5G: Compal社製 RAKU+

商用LTE: SHARP社製 Speed Wi-Fi X01

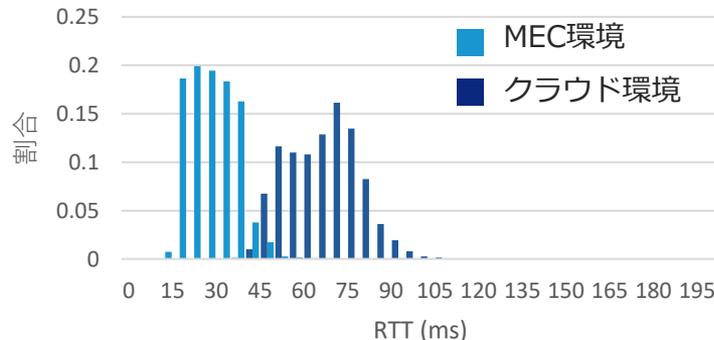
## 2. テストベッドMEC環境の通信遅延時間の測定試験

MEC環境の方が、往復遅延時間が約40ms短くことを確認

また、遅延時間の変動も約30%小さいことを確認

往復遅延時間のパーセンタイル値

パーセンタイル	25%	50%(中央値)	75%
MEC環境	21.4ms	27.8ms	34.7ms
クラウド環境	53.0ms	64.0ms	72.0ms



往復遅延時間のヒストグラム

- ✓ リアルタイムに車両やドローン制御を行うアプリケーションはMECサーバで構築するのが好ましい
- ✓ 協調制御プラットフォームの自動運転車とドローンのN:N対応に向けては、運行管理サーバと協調制御サーバを分け、協調制御サーバはMEC環境に構築するのが好ましい



## まとめ

- Beyond 5G時代の有望なユースケースとしてスマートモビリティプラットフォームの研究開発を推進
  - B5Gテストベッドを活用した検証試験を実施
    - ✓ 協調制御PFによるドローン着陸精度の評価
    - ✓ テストベッドMEC環境の通信遅延時間の測定試験

## 今後の取り組み

- 技術的な検証をテストベッドで行い、ユースケース検証を自治体と連携した実験で行うサイクルを回して、スマートモビリティの社会実装を加速させる
  - ユースケース検証  
長野県塩尻市で自動運転車とドローンを用いた中山間地域向けの荷物配送実証を実施予定
  - 技術検証  
MECを活用した協調制御プラットフォームの実装及び検証を行っていく

- 本研究は、NICT「Beyond 5G 研究開発促進事業 委託研究」の01601「スマートモビリティプラットフォームの実現に向けたドローン・自動運転車の協調制御プラットフォームの研究開発」により実施されました
- 九州工業大学のB5Gテストベッド利用にあたり多大なご協力・ご支援をいただきました、NICTさま・九州工業大学さまに感謝の意を表します。
- 本研究の推進にご協力・ご支援いただきました、アイサンテクノロジーさま・ティアフォーさまに感謝の意を表します。
- 本研究を進めるうえで日頃よりご指導いただいております、KDDI株式会社 社会実装推進室 北辻佳憲室長、モビリティサービスG 榎原俊太郎GLに感謝の意を表します。

*Tomorrow, Together*

**KDDI**