



# Beyond 5Gにおける衛星-地上統合技術の研究開発

衛星-地上統合技術の情報収集、技術確立及び有効性確認

令和4年10月14日

石田 克義、水野 真一、吉田 貴容美、辻 真佑子(日本無線株式会社)

瀬戸口 喜幸、原口 大輝、宮下 拓也(スカパーJSAT株式会社)

中尾 彰宏、杜 平、福元 徳広(国立大学法人東京大学)



# 目次

## 1. 研究内容の概要

研究体制

欧州とのパートナーシップ

背景・目的

研究開発項目

全体スケジュール

各組織の役割

研究開発項目フェーズ 1

研究開発のシナリオ・ストーリー

遅延・輻輳に対する対応策

## 2. フェーズ 1 実証実験

実験環境

実験の成果

今後の展望

## 3. まとめ

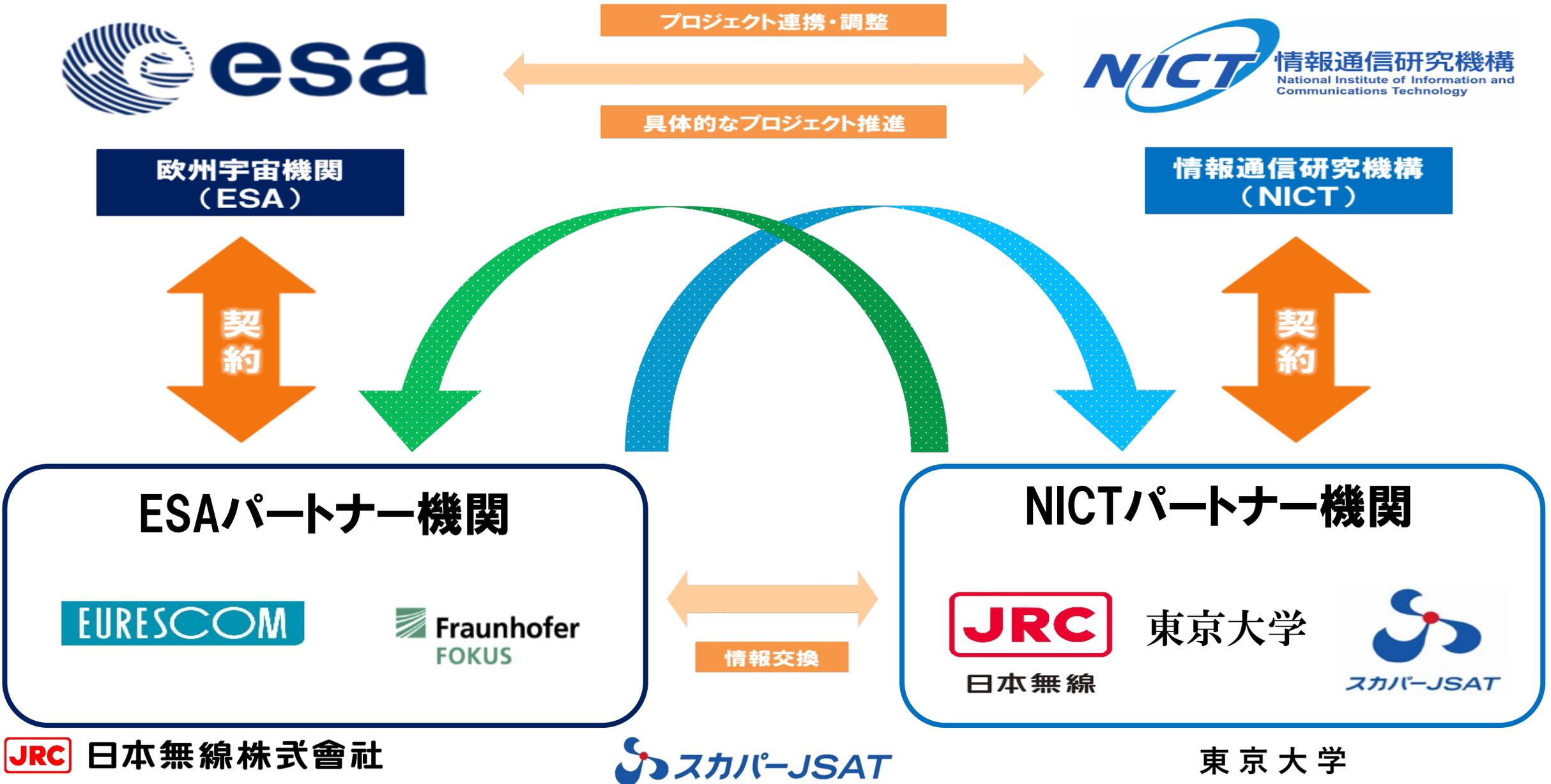
# 研究体制



## Beyond 5Gにおける衛星-地上統合技術の研究開発



# 欧州とのパートナーシップ



# 背景・目的

## 背景

- ・ 5Gにおける衛星通信の利用が注目されている。
  - ・ 欧州Horizon 2000/ESAにて研究開発プログラムが推進
  - ・ 衛星等非地上系ネットワークと5Gの接続標準化@3GPP
  - ・ Beyond 5Gにて宇宙空間の利用が拡大 ⇒ 重要なコンポーネントへ
- ・ 2019年3月 欧州と日本にてワークショップ開催
- ・ 討議継続のため、『衛星通信と5G/Beyond5Gの連携に関する検討会』開催
- ・ ESAより日欧共同実証実験の提案受領

## 目的

- ・ 共同実証実験
- ・ SDN・NFV・ネットワークスライシング・ネットワーク管理技術の発展
- ・ 衛星-5G統合の主要技術確立



# 研究開発項目

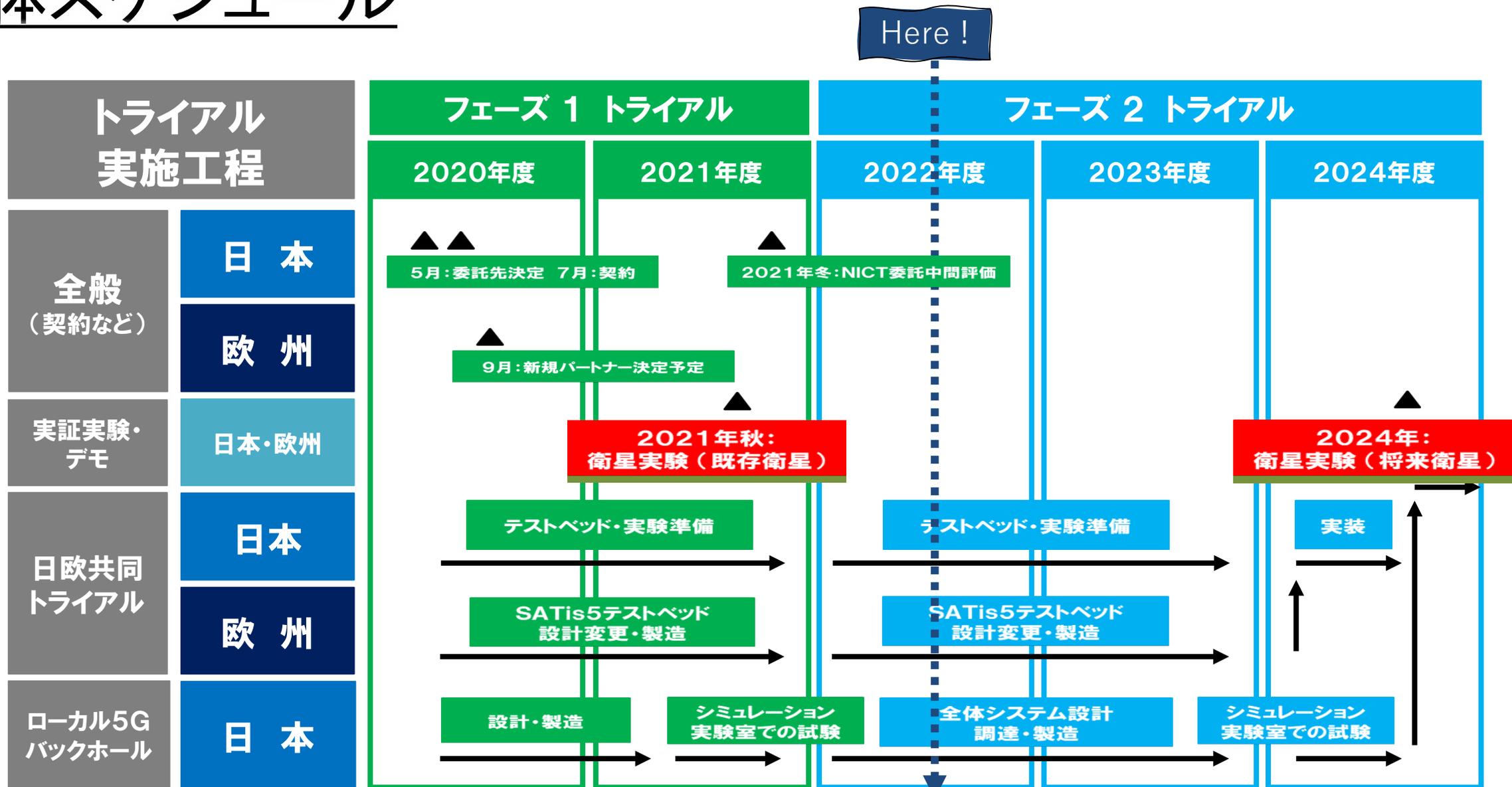
## 研究開発項目1 日欧共同トライアルによる研究開発

- ・ ESAテストベッドによる**衛星-地上接続実証実験**（国内で有効性評価）
- ・ 日欧接続によるネットワーク**運用性評価**（欧州と国内衛星回線の接続）

## 研究開発項目2 ローカル5G/バックホールの研究開発

- ・ SDN/NFV
- ・ ネットワーク・スライシング
- ・ ネットワーク管理

# 全体スケジュール



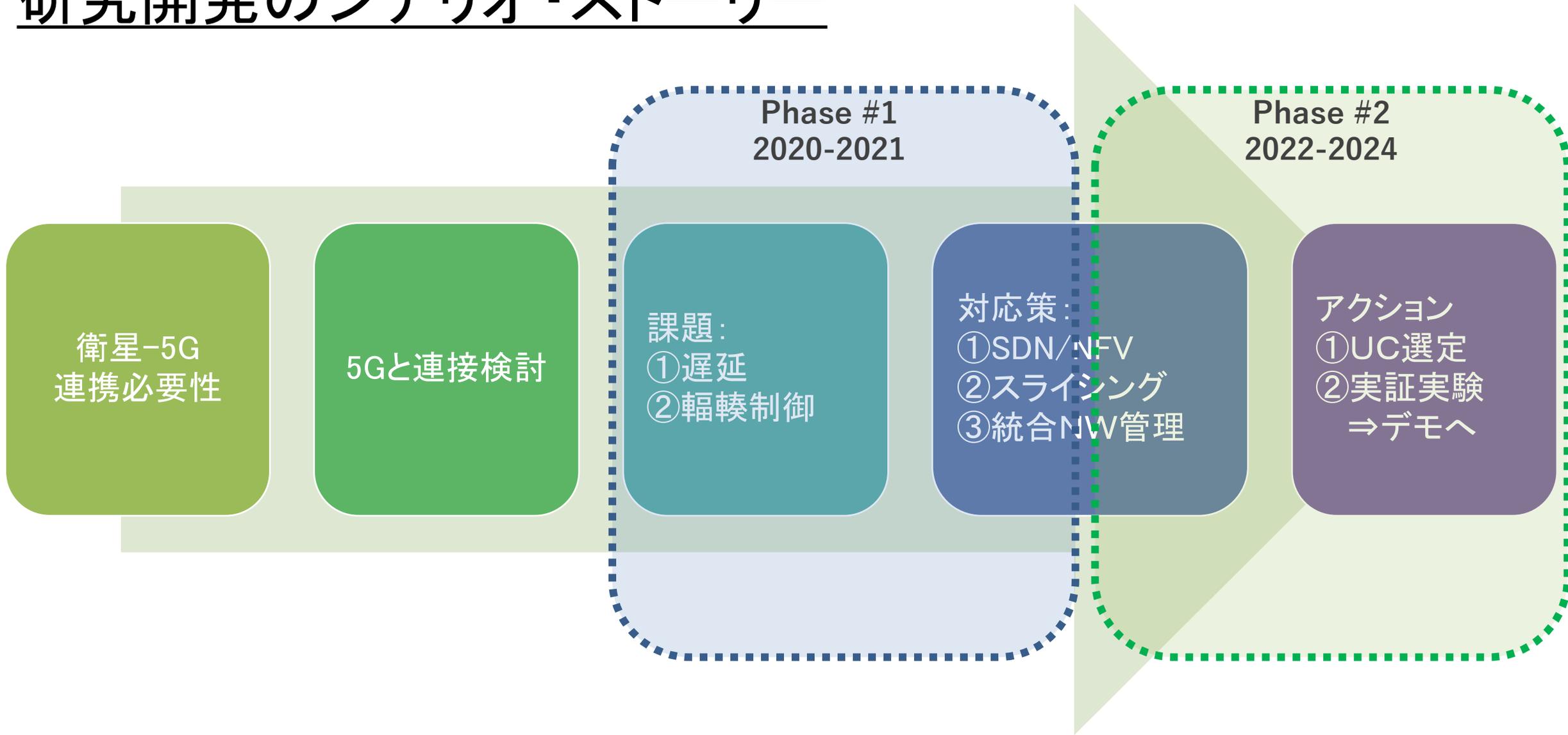
# 各組織の役割

研究開発項目	内容	担当
研究開発項目1 日欧共同トライアル による研究開発	• ESAテストベッドによる 『衛星-地上』接続実証実験	JRC 【代表研究者】
	• 日欧接続での ネットワーク運用性評価	スカパーJSAT 【研究分担者】
研究開発項目2 ローカル5Gバック ホール研究開発	• SDN/NFV • ネットワーク・スライシング • ネットワーク管理	東京大学 【研究分担者】

# 研究開発項目

	フェーズ 1 (2020-2021)	フェーズ 2 (2022-2024)
JRC	<ul style="list-style-type: none"><li>欧州5GNW⇔JGN⇔弊社準備GW⇔国内衛星(Ku)⇔VSAT局間に<b>伝送路構築</b></li><li>実証実験実施</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>国内衛星⇔ローカル5G(研究開発項目2)⇔欧州TBと接続</li><li>実証実験⇒UC想定<b>のデモ実施</b></li></ul>
スカパーJSAT	<ul style="list-style-type: none"><li>実証実験実施</li><li>国内衛星(Ku)と欧州TBの間グローバル構成<b>運用評価</b></li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>国内衛星(100Mbps伝送含む)とローカル5Gの接続実証実験</li><li>衛星・5G連携運用評価</li></ul>
東京大学	<ul style="list-style-type: none"><li><b>ローカル5G</b>に衛星回線エミュレータ接続</li><li><b>室内実験系構築</b>、課題技術開発実施</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>実験環境構築(国内衛星ローカル5G BHとしての活用)</li><li>フェーズ1開発技術性能評価</li><li><b>B5Gで期待されるアプリケーション実験実証</b></li></ul>

# 研究開発のシナリオ・ストーリー





# フェーズ1 実証実験



# 実験環境

## ➤ 日欧共同実験のためのテストベッドの構築

日欧間の長距離ネットワークにおいてKuバンド衛星（12GHz/14GHz帯の周波数）、ローカル5Gシステム、NICTが運用するJGNなどを相互に接続。

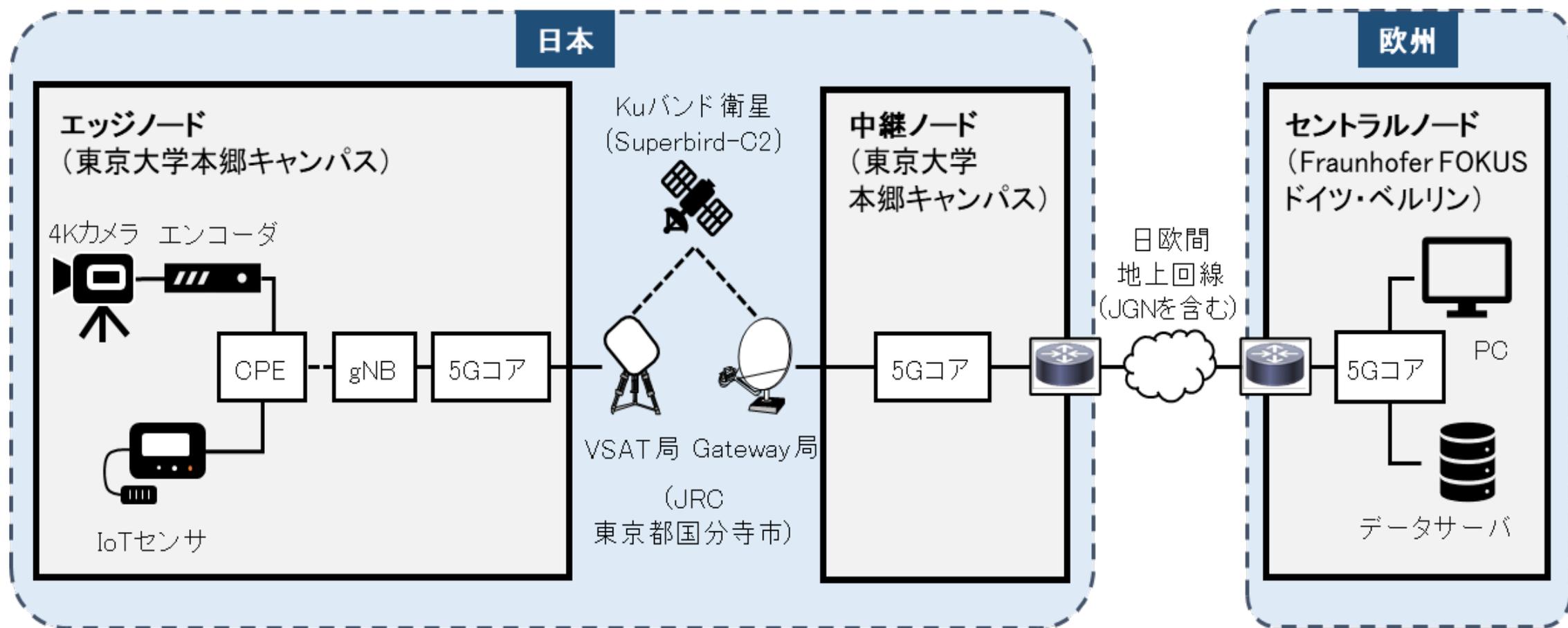
## ➤ ユースケース

将来の国際間長距離通信での活用を念頭に、遠隔地で撮影した映像コンテンツや収集したモニタリングデータを送ることを想定

## ➤ 実証実験

4K映像伝送及びIoTデータ伝送の基礎実験を実施

# 実験環境



日欧共同実験で構築したテストベッドの構成図

# 実験環境



Gateway局

VSAT局



gNB (5G基地局)

VSAT局： Very Small Aperture Terminal

# 実験環境



Internet2（インターネット2）とは、アメリカ合衆国の最先端ネットワークングコンソーシアムであり、研究教育コミュニティ、企業、政府機関などがメンバーとして参加している。正確な表記は“the Internet”。2018年時点で331の高等教育機関、65の企業、43の研究教育ネットワーク、60の提携会員や接続業者が参加している。

# 実験の成果

## 構築したテストベッドを使用し、4K映像とIoTデータの伝送に成功

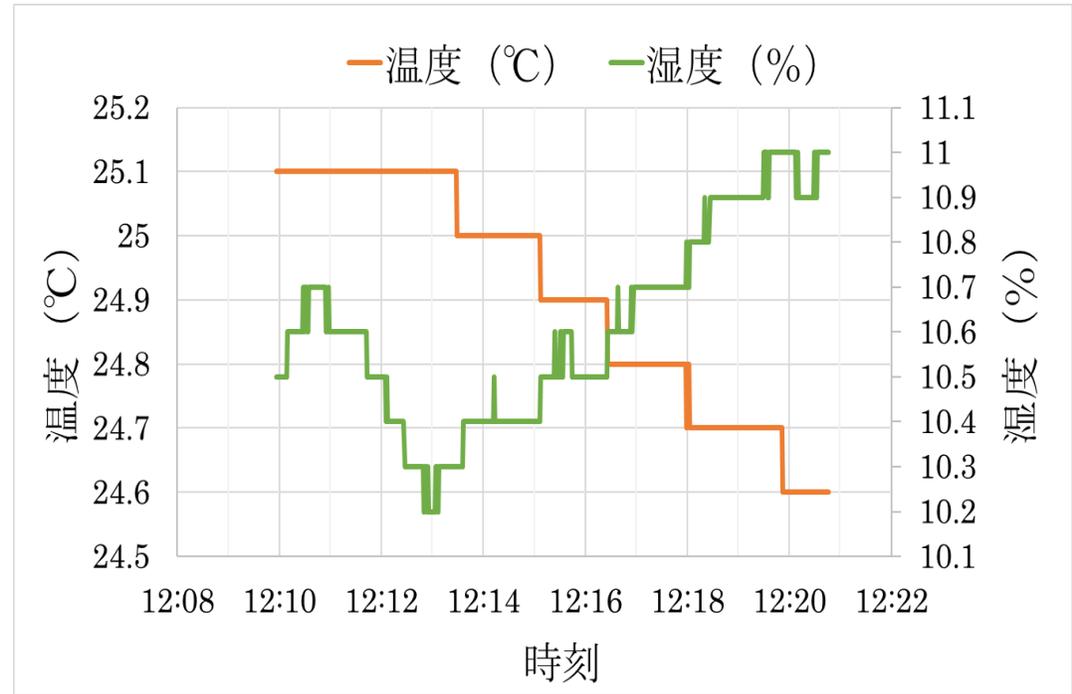
- 衛星回線と日欧間地上回線を含む長距離伝送による遅延等の影響下において、日本に配置したCPE（Customer Premises Equipment）（5G対応ゲートウェイ）と欧州に配置した5Gコア間でやり取りされる5G制御信号で通信セッションが確立できること、日本側の4Kカメラ及びIoTセンサで取得したデータを欧州側のPC及びデータサーバへ伝送できることを明らかにしました。
- 各伝送区間のネットワーク品質を測定し、衛星回線と5Gを接続したネットワーク性能の評価を実施
- 具体的なアプリケーション伝送の観点からも、国際間長距離通信を介した5Gネットワークにおける衛星回線の統合が実現できることを確認

# 実験の成果



4K映像伝送

日本側から欧州側へ送信した4K映像の再生結果



IoTデータ伝送結果

日本側で取得し、欧州側のデータサーバで受信したセンサーデータの時系列グラフ（ここでは温度・湿度情報の例）

# <参考>伝送区間のネットワーク品質

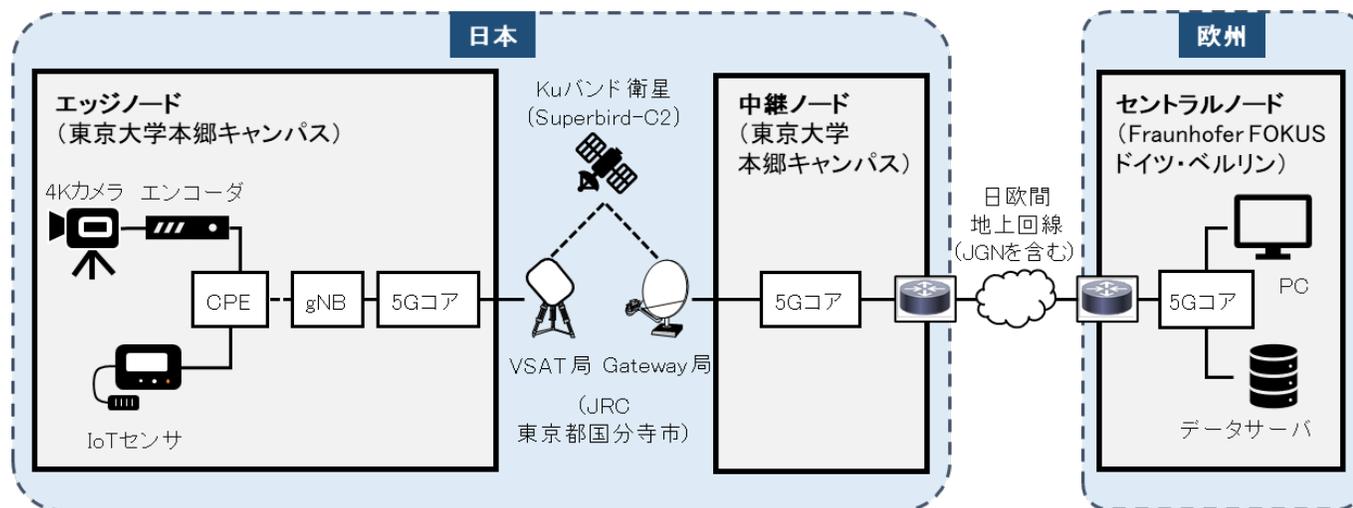
## ■ 遅延

End-to-End 約 980 [msec]  
 5GC@エッジノード～ データサーバ間 約 950 [msec]  
 5GC@中継ノード～ データサーバ間 約 260 [msec]  
 5GC@セントラルノード～ データサーバ間 約 1 [msec]

■ スループット 約27 [Mbps] (<参考>衛星区間：30Mbps)

■ ジッタ 約 0.6 [msec]

■ パケットロス 約 1[%]



Item	Result
Latency(End-to-End)	980[msec]
Maximum Throughput	27.2[Mbps]
Jitter	0.57[msec]
Packet loss	1.00[%]

Item	Result
Latency(UPF1-to-Server)	955.3[msec]
Latency(UPF2-to-Server)	262.4[msec]
Latency(UPF3-to-Server)	0.7[msec]



# 今後の展望

本実験で得られた技術を活用することで、5Gネットワークのカバレッジを拡張し、衛星回線を含むグローバルな5G/Beyond 5Gネットワークの構築に寄与することが期待される。

JRC、スカパーJSAT並びに東京大学は、国境を越えて欧州と相互協力し、Beyond 5Gにおいて地上と衛星のシームレスな統合に必要な技術の確立を引き続き目指す。



# まとめ

- コロナ禍にも拘らず、実験系の構築支援、運用支援していただき、誠にありがとうございました。
- 日欧共同実験の衛星-5Gの連携技術のデモンストレーションにおいて、JGNには安定した接続と4K映像伝送に十分な帯域をご提供いただきました。重ねて御礼申し上げます。



# 謝辞

本研究成果は、国立研究開発法人情報通信研究機構の委託研究「Beyond 5Gにおける衛星- 地上統合技術の研究開発」(採択番号:21901)により得られたものです。

ご清聴ありがとうございました。