

令和3年度

**ローカル5Gの交換設備の接続・共用の
在り方に関する調査研究の請負**

成果報告書 概要版

令和4年3月31日

東日本電信電話株式会社

目次

1. 背景・目的	P2
2. 本調査研究の概要	P3
3. ローカル5Gのシステム形態	P4
4. 実証エリア	P5
5. ネットワーク・システム構成	P6
6. ローカル5G機器	P7
7. 検証実施概要	P8
8. 異メーカー間の相互接続検証	P9
9. コアの共用における性能検証	P10
10. コアの共用における機能検証	P11
11. コアの共用におけるセキュリティ検証	P12
12. ユースケース検証	P13
13. コア共用に向けたユーザニーズ	P15
14. 各団体ヒアリング結果	P16
15. 相互接続・コア共用に向けたロードマップ	P17
16. まとめ	P18
17. (参考)ローカル5Gシステム各装置の機能	P21

1. 背景・目的

- Society 5.0を支える基幹インフラとして様々な産業分野での活用が期待されている第5世代移動通信システム(5G)は、超高速・超低遅延・多数同時接続といった特長を有している。中でもローカル5Gは、企業や自治体等の様々な主体が自らの建物や敷地内で柔軟にネットワークを構築できることから、様々な分野における課題解決が期待されている。
- 全国の様々な業界・団体でローカル5Gへの期待や導入希望が高まる中、ローカル5Gの普及に向けては技術の発展・ユースケースの創出が必須である。総務省「課題解決型ローカル5G等の実現に向けた開発実証」においては技術実証及び課題実証にて検討を進めてきたが、更なる普及に向け、異ベンダ間での相互接続及び導入の容易化・費用の低廉化を目指したコア設備の共用や、中小企業をはじめとする様々な団体の利用促進に向けたプラットフォームの検討が必要である。
- 本調査研究ではローカル5Gの更なる普及を目指し、ローカル5G設備の共用、相互接続の在り方に関する検討を実施する。

<ローカル5G普及に向けた検討>

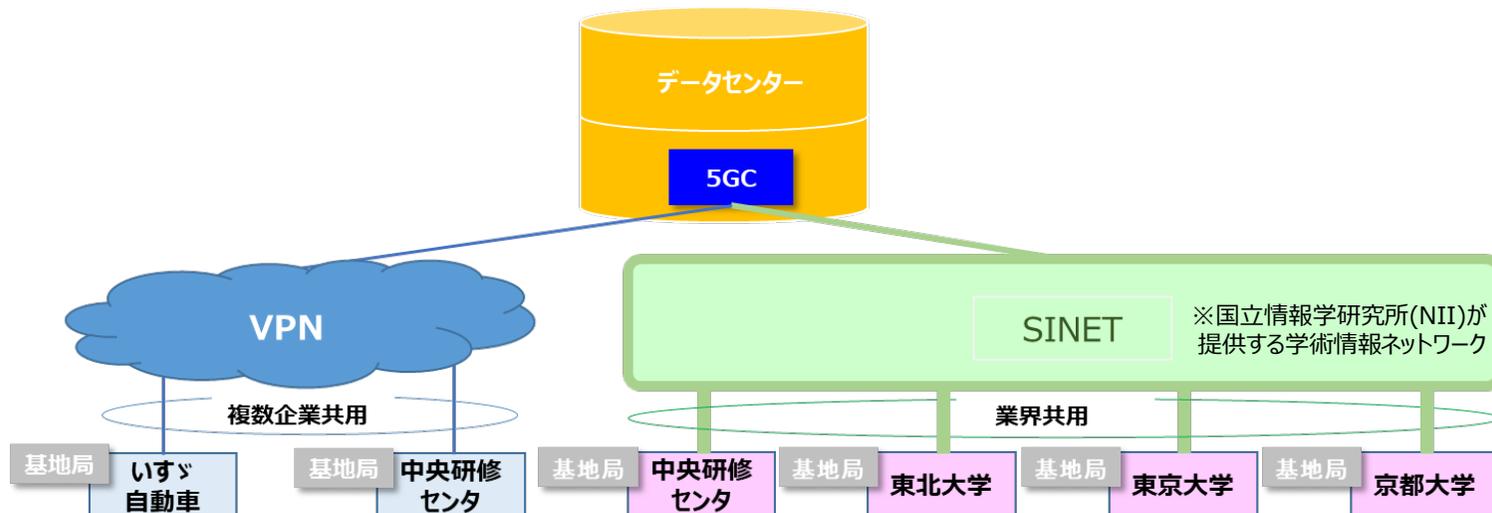
本調査研究範囲

	検討内容	実証・調査研究等
技術の発展／実証／知見の蓄積	電波伝搬や性能に関する知見の蓄積、エリア構築の柔軟化等	課題解決型ローカル5G等の実現に向けた開発実証(技術実証)
	コア共用推進に向けた異なるベンダでの相互接続の検証	ローカル5Gの交換設備の接続・共用の在り方に関する調査研究(相互接続検証)
	コア設備共用実現のための最適なローカル5Gシステム形態及びマネージドサービス化、アウトソーシング可否の検討	ローカル5Gの交換設備の接続・共用の在り方に関する調査研究(ローカル5Gシステム検証)
ユースケースの創出	様々な分野・地域課題の解決及び新たな価値創出等に資するローカル5Gの必要性や優位性の検討	課題解決型ローカル5G等の実現に向けた開発実証(課題実証)及び実装・横展開の検討)
	中小企業をはじめとする様々な団体が、5G利活用に向けたソリューション・アプリケーションを容易に導入可能とするプラットフォームの検討	5Gソリューション提供センター(5GSC)の構築等に係る調査検討
	サービス提供形態や運用面、費用面等による最適なコア設備共用パターンの検討	ローカル5Gの交換設備の接続・共用の在り方に関する調査研究(ユースケースの検証)

2. 本調査研究の概要

- 本調査研究は、企業や各団体等へのローカル5G導入促進を目指し、複数の企業や団体間での利用に向け異なるメーカー間での相互接続性の検証を行うとともに、性能・機能・セキュリティ面等からコア共有の実現性を検証する。
- 共有パターンとしては、実際の企業や団体間での利用を想定した2パターンを検証する。
 - 「複数企業共有パターン」：中小企業はローカル5Gの導入に際してコスト面で障壁がある一方、工場の無線化・製造ラインの遠隔監視等、利活用場面の展開が見込まれることから、商工会議所等の地域団体や自治体等を中心として、同一地域等の複数の異なる中小企業等の間でローカル5Gの交換設備を共有する形態を想定したコア共有パターン。
 - 「業界共有パターン」：業界共有高速バックボーンNWを有する業界では、当該既存のNWを活用した交換設備共有に係る効果が期待されることから、全国に点在している同一業界の異なる団体間でローカル5Gの交換設備を共有する形態を想定したコア共有パターン。

パターン	考え方	ローカル5G設備の在り方	ユースケース
複数企業共有パターン	・同一地域等での異なる企業間でコア設備を共有	・複数企業共有パターン、業界共有パターン双方の最適な構成を検証	・新たな働き方の創出や技術の伝承に資する遠隔指導(VR・AR)で実証
業界共有パターン	・全国に点在している同一業界の異なる団体でコア設備を共有		・4K高精細映像のAI解析による人物の顔認証、属性検知の実証



3. ローカル5Gのシステム形態

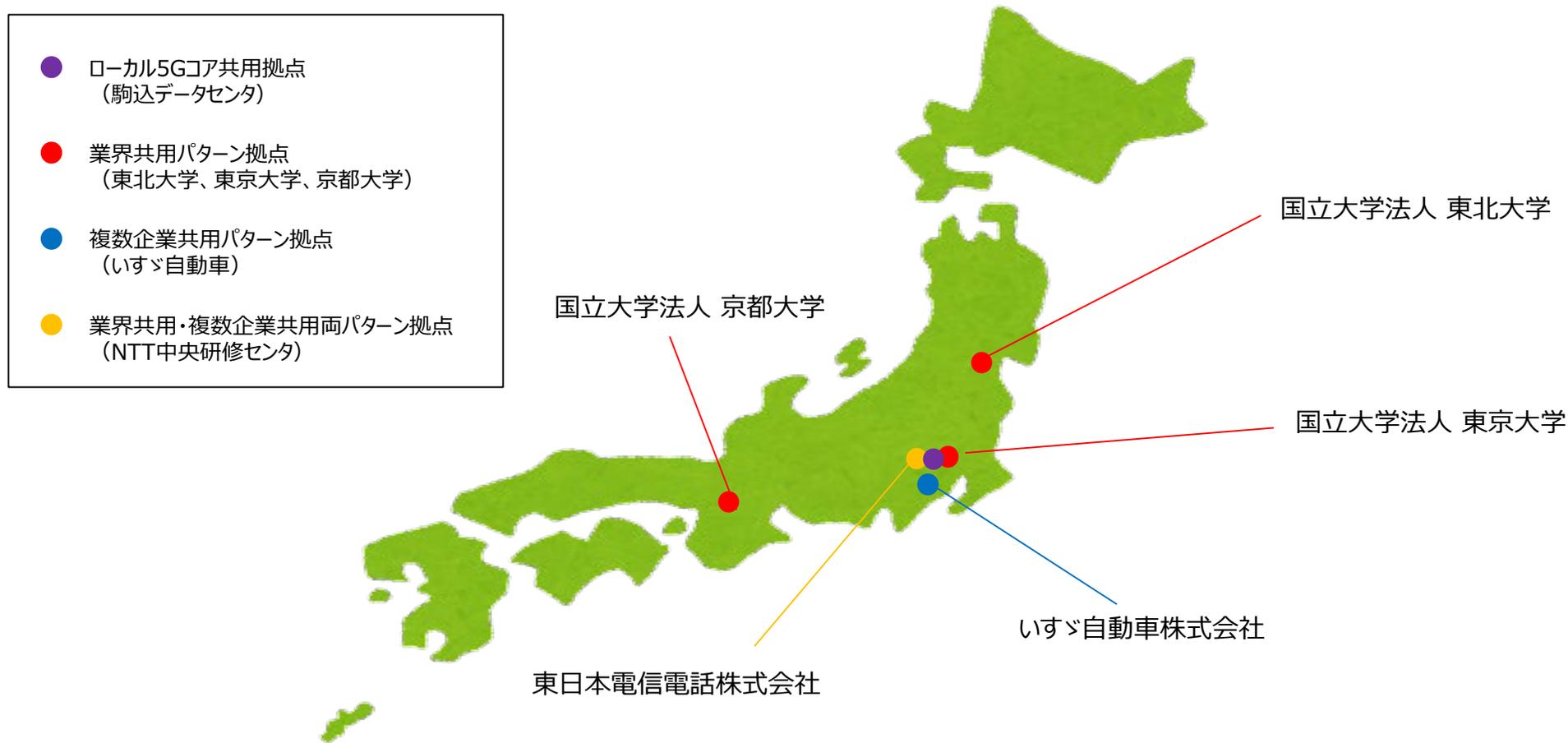
- ローカル5Gのシステム形態については①から⑥までが考えられるが、コア装置等の共用(③～⑥)を行うことでシステム全体での総機器数が減少し、エンド拠点における導入の容易化やコスト低廉が見込める。
- ローカル5Gを導入する際は利用用途やユーザ・拠点配置・アプリケーション等によって最適な形態を選択する必要がある。特に、UPFを共用した場合は遅延時間等の影響が想定されるため、本調査研究ではUPFを共用しないシステム形態(③)、UPFを共用するシステム形態(⑤)を行うことで制御プレーン/ユーザプレーンを分離することで物理的な距離による遅延改善等を検証し、ユースケースに応じた最適な形態を提言する。

本調査研究範囲

	① オンプレ型	② マネージドコア型	③ C/U分離型	④ コア/MEC分離型	⑤ 基地局設置型	⑥ オペレータ供給型
センタ拠点		マネージドクラウド等	5GC	5GC UPF	5GC UPF MEC	5GC UPF MEC
エンド拠点	5GC UPF MEC CDU RU UE	5GC UPF MEC CDU RU UE	UPF MEC CDU RU UE	UPF MEC CDU RU UE	UPF MEC CDU DU RU UE	UPF MEC CDU RU UE
概要	ユーザ施設等のエンド拠点にコアネットワーク以下の機能を全て設置する非コア共用形態。	エンド拠点のコアの管理・監視相当機能をセンタ拠点が担う形態。	コアの制御部分をセンタ拠点に、UPFをエンド拠点側に分離する形態。	基地局(CDU・RU)とMECをエンド拠点に設置して、コア・UPFは全てセンタ拠点に設置する形態。	基地局(CDU・RU)のみエンド拠点に設置して、コア・UPF・MECは全てセンタ拠点に設置する形態。	センタ拠点には基地局・UPF・MECを設置し、エンド拠点にはRUを設置する。CDUはオペレーター(サービス提供事業者)拠点到設置される形態。現時点では、キャリア5Gによるプライベート5Gを想定した形態だが、将来的には基地局共用等でローカル5Gとの同居も想定される。
	少	センタ拠点で設備・機器を共用				多

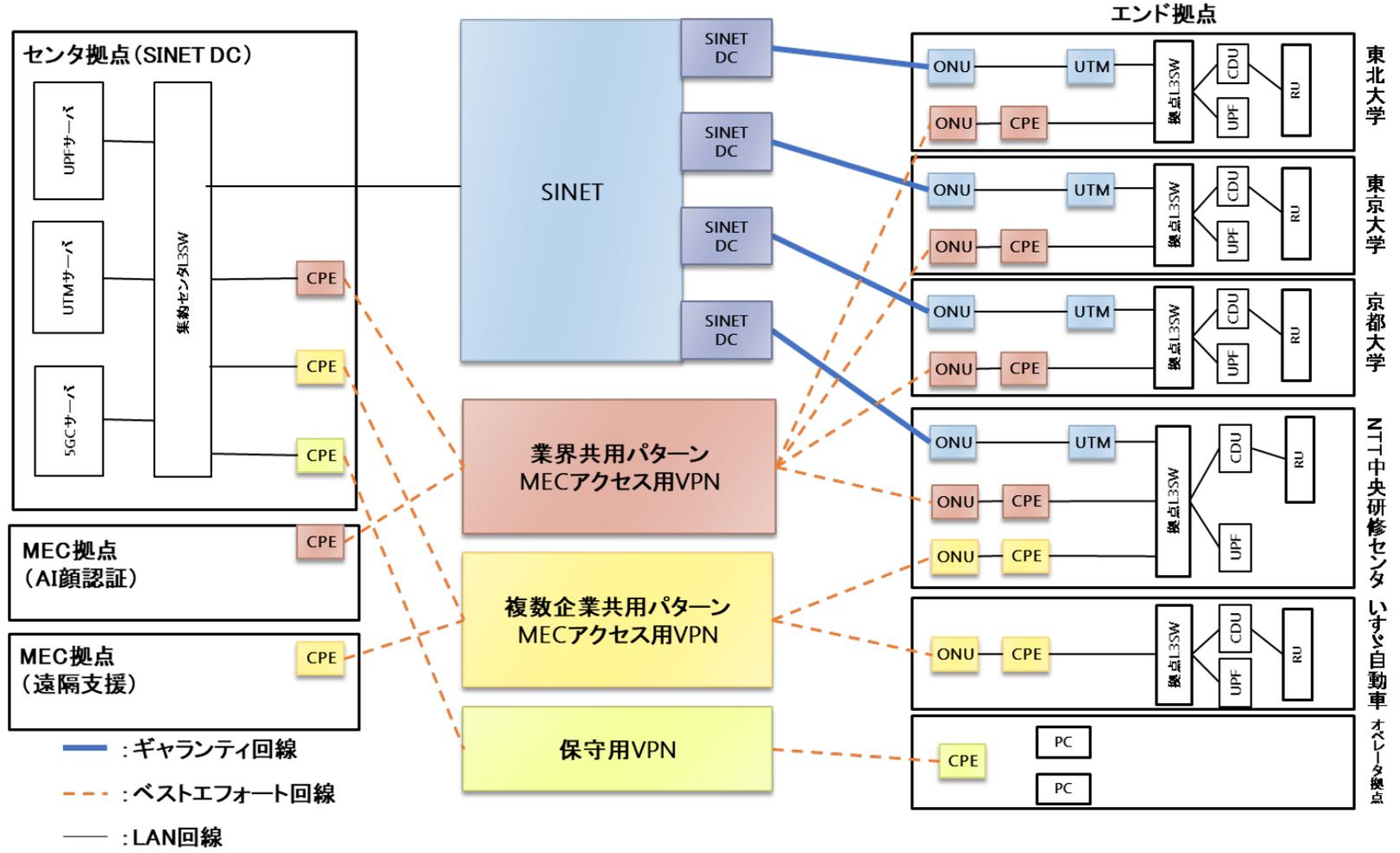
4. 実証エリア

- 複数企業共用パターンは、商工会議所等の地域団体や自治体等が中心となった共同利用が想定されるため、ローカル5Gコア共用拠点(東京都)より近い隣接都道府県内であるいすゞ自動車藤沢工場(神奈川)とNTT中央研修センタ(東京都)を選定した。
- 業界共用パターンは、全国に点在していることが想定されるため、ローカル5Gコア共用拠点(東京都)を中心として広域な設置場所がある教育分野のバックボーンNW「SINET」を選定し、「SINET」が接続されている東北大学、東京大学、京都大学の3拠点を選定した。



5. ネットワーク・システム構成

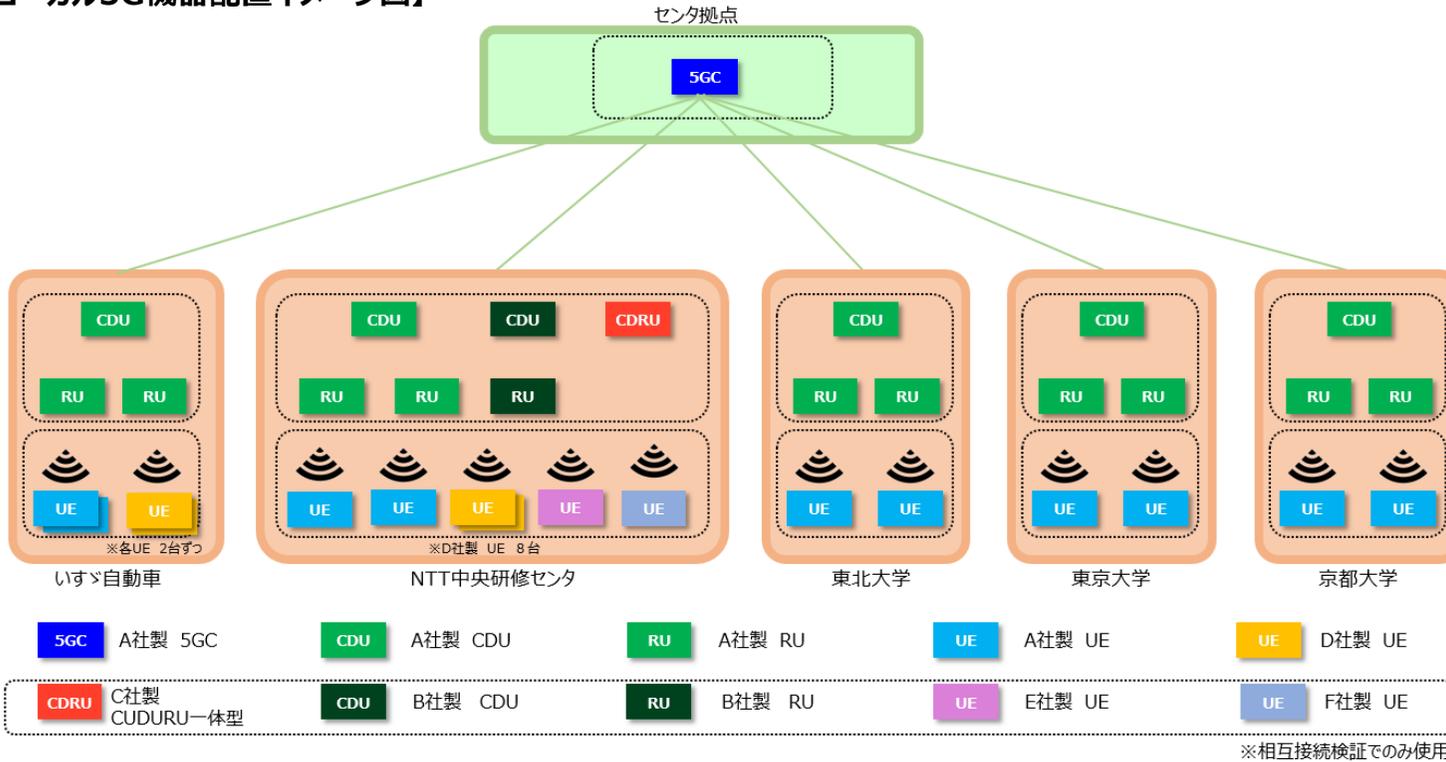
- センタ拠点(コア設備が設置されているデータセンタ)とエンド拠点(基地局が設置されている企業や大学)をつなぐ広域回線の種別によるローカル5Gシステムへの影響を評価する。
- 複数企業共用パターンでは比較的安価なベストエフォート回線で、業界共用パターンでは比較的高価であるが帯域保証型のギランティ回線で接続した。
- ユースケース用アプリケーションがあるMEC拠点との接続については両パターンともベストエフォート回線とした。



6. ローカル5G機器

■ 本検証環境において、5GC:1社1台、基地局:3社7式、UE:4社22台の機器により構築した。

【ローカル5G機器配置イメージ図】



【5GC製品】

A社製：1種

【基地局】

A社製、B社製、C社製：計3種

【UE】

A社製、D社製、E社製、F社製：計4種

検証	ローカル5G機器		
	5GC	基地局	UE
相互接続検証	1種,1台	2種,2式	4種,4台
ローカル5Gシステム検証	1種,1台	1種,5式	2種,14台
ユースケース検証	1種,1台	1種,5式	2種,9台

7. 検証実施概要

■ 異メーカー間の相互接続検証

異メーカーの組合せによるローカル5Gシステムの相互接続環境において、相互接続に必要な要件を検証した。

■ コアの共用におけるローカル5Gシステム検証

コアやUPFを共用するローカル5Gシステムにおける性能・機能・セキュリティ面の必要要件を導出することを目的として検証した。

■ ユースケース検証

コア共用環境下において、2つのユースケースにおける推奨されるローカル5G構成を検証した。

1. 異メーカー間の相互接続検証	1-1 相互接続検証	1-1 コア：A社製～基地局：B社製
		1-2 コア：A社製～基地局：C社製
2. コアの共用におけるローカル5Gシステム検証	2-1 性能検証	2-1-1 消費リソースの検証
		2-1-2 UE接続台数の最大数検証
		2-1-3 UE接続時間の検証
		2-1-4 UE～UPF間の通信性能の検証
	2-2 機能検証	2-2-1 コア内の管理機能やログ情報の実装状況の確認検証
		2-2-2 UEごとのUPF指定・制御の検証
	2-3 セキュリティ検証	2-3-1 不正な外部からコアへの接続
		2-3-2 マルチテナント間の攻撃
		2-3-3 エンド拠点からコアに対する攻撃
		2-3-4 侵入されたコアからUPFに対する攻撃
	3. ユースケース検証	3-1 ウェアラブルカメラを用いた遠隔支援検証
		3-2 映像AIシステムを用いた顔認証検証

8. 異メーカー間の相互接続検証

- ユーザ個別の所要性能や予算に応じた最適なローカル5G環境を導入するためには、コア設備や基地局等を異なるメーカーから選定できることが重要であり、かつローカル5Gシステム形態の選択肢の一つとなるコア共用形態の実現にも相互接続が重要である。そのため、相互接続検証を複数の組合せで実施した。
- 標準化団体3GPPで規定のパラメータの整合をとり相互接続を試みたが接続不可であったため、原因分析の上で改善措置①～③を実施し、7つの組合せで相互接続を実現。3GPP規定で自由設計となっているパラメータや、リリースバージョンによるパラメータの差異も相互接続可否に関わることが判明した。
- 接続不可の組合せについては今後も継続して要因分析と改善方策を検討する必要があり、今後より多くの相互接続組合せについて検証することで更なる知見を集約し、ガイドラインとして標準的な相互接続要件をまとめることが重要と考えられる。

	1-1 コア：A社製～基地局：B社製	1-2 コア：A社製～基地局：C社製
目的	上記機器の組合せにおいて以下のUE 4種で構成されるローカル5Gシステムにおいて、相互接続するための課題を検証	上記機器の組合せにおいて以下のUE 4種で構成されるローカル5Gシステムにおいて、相互接続するための課題を検証
検証イメージ	<p>5GC (コア：A社製) CDU (基地局：B社製) RU (基地局：B社製) UE (UE：A社製、D社製、E社製、F社製)</p>	<p>5GC (コア：A社製) CDU (基地局：C社製) RU (基地局：C社製) UE (UE：A社製、D社製、E社製、F社製)</p>
改善措置	3GPPで規定されるパラメータの整合をとるだけでは接続不可となったため、原因を分析し下記①～③の改善措置を施し相互接続を実現した ①自由設計パラメータへの措置：コア側で“InitialContextSetupRequest”メッセージ内の当該フィールドを削除 ②自由設計パラメータへの措置：コア側で“PDU session establishment accept”メッセージ内へ当該フィールドを追加 ③3GPPリリースバージョンによるシーエンスの差異：コア側の“NAS Security mode command”内のフィールド構成をV15.3以降のシーケンスに対応する措置	
結果	<ul style="list-style-type: none"> ・A社製：①、③の措置により接続実現 ・D社製：①、②、③の措置により接続実現 ・E社製：①、②、③の措置により接続実現 ・F社製：①、②、③の措置により接続実現 	<ul style="list-style-type: none"> ・A社製：①、②、③の措置するも接続不可 ・D社製：①、②、③の措置により接続実現 ・E社製：①、②、③の措置により接続実現 ・F社製：①、②、③の措置により接続実現
考察	<ul style="list-style-type: none"> ・3GPPで規定されるパラメータについて、自由設計のパラメータやリリースバージョンによる差異について注意し、改善措置等が必要である ・相互接続不可の組合せについては、今後も継続して要因分析と改善方策を検討する必要がある ・今後より多くの組合せの相互接続検証によりケーススタディを充実させ、ガイドラインとして標準的な相互接続要件を整理することが課題である 	

9. コアの共用における性能検証

- コア及びUPFを共用する構成では、多数のエンド拠点をNW上で統合運用するにあたり必要なリソース(CPU使用率、メモリ消費量)、UE最大接続数、UE接続時間、伝送スループット及び遅延時間を分析する必要があるため、これらの要件を導出することを目的として検証した。
- 必要なリソースであるメモリ消費量を明らかにし、UE台数に応じて設計することでコア共用を実現可能であることを確認。本調査研究ではベストエフォート回線とセンタUPFでの遅延時間の劣化が確認されたため、低遅延が求められるユースケースでは性能を考慮した回線選定やUPF選択が必要である。

	2-1-1 消費リソースの検証	2-1-2 UE接続台数の最大数検証	2-1-3 UE接続時間の検証	2-1-4 UE～UPF間の通信性能の検証
目的	コア共用下では多数のUE接続が推定されるため、端末数増加による必要リソースを検証	コア共用下では複数拠点での稼働より、RU-UE区間の逼迫が生じる可能性があるため、UEの最大接続数への影響を検証	センタ拠点とエンド拠点を繋ぐ回線種別や距離における、UE接続時間の劣化の可否について、すべての拠点で検証	センタ拠点とエンド拠点を回線で接続することで、伝送スループットと遅延時間の劣化の可否、エンドUPFによる遅延時間の短縮可否を検証
項目	CPU使用率、メモリ消費量	UE最大接続数	UE接続時間	伝送スループット、遅延時間
検証イメージ	<p>消費リソースの確認対象</p> <p>広域回線</p> <p>センタ拠点</p> <p>エンド拠点</p>	<p>最大接続端末数を確認</p> <p>広域回線</p> <p>センタ拠点</p> <p>エンド拠点</p>	<p>アタッチ時間を計測</p> <p>回線種別、物理区間による差分</p> <p>広域回線</p> <p>センタ拠点</p> <p>エンド拠点</p>	<p>伝送スループット、遅延時間の計測区間</p> <p>回線種別、物理区間による差分</p> <p>広域回線</p> <p>センタ拠点</p> <p>エンド拠点</p>
結果	<ul style="list-style-type: none"> ・UE1台の接続に伴い、メモリ消費量は最大で18MiB増加することを確認 ・CPU使用率には大きな変動なし ・CPU使用率とメモリ消費量は、UPFの設置位置で差異なし 	<ul style="list-style-type: none"> ・RU1台あたり、製品仕様の最大接続数であるUE7台までの接続を確認 ・RU-UE間の最大伝送スループット相当まで通信可能であることを確認し、共用環境による通信性能の逼迫なし 	<ul style="list-style-type: none"> ・全拠点でのUE接続時間は41～42secの結果となり大きな差分なし、回線種別や距離による劣化は軽微であることを確認 	<ul style="list-style-type: none"> ・遅延時間のベストエフォート型とギャランティ型の回線種別による差異は約10ms ・遅延時間は、センタUPF時と比べてエンドUPF時は約10ms程度短縮 ・RU-UE間の伝送スループットは、地上回線種別やUPFの設置位置によって差異なし
考察	<ul style="list-style-type: none"> ・コア共用に必要なリソースを設計する際は、UE台数に応じてメモリ増強が必要 ・CPUはコア共用による影響は少ない 	<ul style="list-style-type: none"> ・コア共用によるUE接続台数への影響なし 	<ul style="list-style-type: none"> ・UE接続時間はセンタ拠点とエンド拠点の距離や回線種別には依存しない 	<ul style="list-style-type: none"> ・低遅延が求められるユースケースでは、性能を考慮した回線種別選定や、UPFをエンド拠点に配置することが有効

10. コアの共用における機能検証

- コアを複数ユーザで共用する際は、システム運用や管理をユーザ毎で実施できる必要がある。そのために求められる機能としてはSIM認証や端末情報管理等が挙げられ、それらの実用性について確認し、統合運営及び拠点毎の管理を実現できることが分かった。
- コア共用下では異なるユースケースが混在することが想定され、より自由度の高い利用方法を実現するには、UEごとに異なるUPFを選択できる必要がある。本検証を通して、コア共用下においてもその機能が利用可能であることを確認。様々なユースケースの混在が想定されるコア共用下において、アプリケーションの所要性能に応じてUEごとに適切なUPFを選択できる本機能の実装が望ましいと考えられる。

	2-2-1 コア内の管理機能やログ情報の実装状況の確認検証	2-2-2 UEごとのUPF指定・制御の検証
目的	コア共用下ではユーザ毎の顧客情報管理機能が必要であることが想定されるため、求める機能・実用性について確認	コア共用下で異なるユースケースの混在が想定されるため、UE毎にセンタUPFかエンドUPF指定し、用途に応じて柔軟に選択可能か確認
項目	SIM認証、端末情報、ポリシー情報、セッション管理情報、在圏情報	指定UPF、指定外UPFへアクセス確認
検証イメージ		
結果	<ul style="list-style-type: none"> ・コア共用環境下において、実装機能であるSIM認証、端末情報、ポリシー情報、セッション管理情報の運用が可能であることを確認 ・コア共用型のサービスを提供する上で付加価値となり得る在圏情報(UEの位置情報等)は実装なしのため未確認 	<ul style="list-style-type: none"> ・指定UPFへアクセス可、指定外UPFへアクセス不可である結果から、コア共用環境下においてもUEごとに異なるUPFの設定が可能であることを確認
考察	<ul style="list-style-type: none"> ・コアを複数ユーザで共用した環境において、必要機能を拠点毎に分けた運営及び管理することが可能であることを確認 ・今後、付加価値となり得る在圏情報等の検証が必要と考えられる 	<ul style="list-style-type: none"> ・コア共用環境下において、UE個別に異なるUPFを設定できる機能が利用可能であることを確認 ・アプリケーションの所要性能に応じてUEごとに適切なUPFを選択する柔軟な利用が可能

1 1. コアの共用におけるセキュリティ検証

- 拠点内で全ての通信が完了するオンプレの構成と異なり、コア共用下においては拠点間通信が発生するため、外部からの侵入や不正な通信に対するセキュリティ上の懸念がある。コアと基地局が別拠点に分かれることによって想定される以下の4種類の攻撃に対し、効果的なセキュリティ対策を検証した。
- 複数ユーザで共用可能な仮想アプライアンス製品やIPsec機能を有するセキュリティ機器を活用することで、コア共用下においてもコストを抑えながらセキュリティ対策が可能と考える。

	2-3-1	2-3-2	2-3-3	2-3-4	(参考)		
攻撃の種類	外部からの攻撃		内部からの攻撃		-		
	不正な外部からコアへの攻撃	マルチテナント間の攻撃	エンド拠点からコアに対する攻撃	侵入されたコアからUPFに対する攻撃	-		
想定される攻撃の例	コアへの侵入 / 通信の傍受	コア共用する異なる拠点への攻撃	コアへのDoS攻撃 / 不正なデータ通信等	セッション情報の書き換え・削除等	オンプレの構成には拠点間通信が存在しない		
攻撃のイメージ	<p> IPsecトンネル 広域回線 センタ拠点 エンド拠点 → 検証する攻撃 ■ 攻撃者 </p>						
攻撃によってもたらされる影響	コアからの攻撃への踏み台や通信の傍受	異なる拠点への攻撃や通信の傍受	サービスの停止 / 通信の傍受	セッションの乗っ取り(中間者攻撃)	-		
対策方法	IPsec(セキュリティ装置が具備)		Firewall(セキュリティ装置が具備)		-		
結果	IPsecの認証機能/暗号化機能により拠点間通信の傍受と不正な接続が防げた		各ファンクション通信に対応したFirewall機能によって各攻撃が検知・遮断できた		-		
考察	<ul style="list-style-type: none"> ・センタ拠点のセキュリティ装置として仮想アプライアンス製品 1 台を複数ユーザで共用することでコストが抑えられる ・エンド拠点にはIPsec機能を有するセキュリティ機器のみを設置することでコストを抑えられる 				-		

12. ユースケース検証（ウェアラブルカメラを用いた遠隔支援検証）

- 日本の製造業では人材不足・技術継承が課題となっており、ウェアラブルカメラを用いた遠隔指導による高度な技術の伝承や、離れた現場と現場における技術指導が注目されている。中小企業への導入を見据えて、コア共用下でウェアラブルカメラを利用した遠隔指導を実証し、よりリアルタイム性が求められる本ユースケースでは、エンドUPFの構成とすることで実現が可能と推定される。

3-1 ウェアラブルカメラを用いた遠隔支援検証

<p>検証概要</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・複数企業共用パターンにおいて、ローカル5Gの性能(超高速、低遅延)を活かしウェアラブルカメラ・360度カメラを利用し遠隔地の熟練作業員が現場の作業員をサポートするユースケースを検証 ・いすゞ自動車のライン工場の作業員に対し、いすゞ自動車の別室から熟練作業員がサポートを実施 ・準同期TDD方式を使用し、カメラを複数台接続かつ別拠点との同時利用環境下で検証
<p>検証方法</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・いすゞ自動車のキャブの点検作業において、遠隔支援システムの使用感について現場作業員と熟練作業員にアンケートを実施 ・NTT中央研修センタにおいて遠隔支援システムにカメラデータ(20Mbps)を流している状況下で、いすゞ自動車では遠隔支援システムの正常動作を確認
<p>検証イメージ</p>	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <p>【遠隔支援システムのイメージ】</p> <div style="text-align: center;"> <p>360°カメラ + ウェアラブルカメラ</p> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>未熟練作業員</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>熟練作業員</p> </div> </div> <ul style="list-style-type: none"> ● 目線映像 ● 360カメラ映像 ● 音声 <p style="text-align: center;">→</p> <ul style="list-style-type: none"> ● AR指示 ● 動画 ● ビデオマニュアル ● 音声 <p style="text-align: center;">←</p> </div> <div style="width: 45%;"> <p>【検証イメージ】</p> </div> </div>
<p>結果</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・準同期TDD方式を採用し、複数拠点同時利用時において、NTT中央研修センタ、いすゞ自動車のPBX室においては遠隔支援システムの正常動作を確認 ・ただし、いすゞ自動車のライン工場においては、遅延と音声については問題ないが、映像品質が不安定である事象を確認 ・センタUPFよりエンドUPFの方が映像・音声の品質が体感的に良かったという意見もあった(アンケート結果)
<p>考察</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・同時利用のNTT中央研修センタでは映像品質に問題はなかったため、工場環境における金属や鉄板素材等による乱反射やマルチパスへの影響が考えられ、事前に詳細な電波調査を実施した上での無線設計が必要 ・遠隔指示者と作業員がリアルタイムで連携するため(低遅延性が要求)、エンドUPF構成が望ましい ・FullHDのウェアラブルカメラ・360度カメラの1台の要求帯域 約5Mbps × 台数 で想定された必要帯域に対して、無線区間における実効UL伝送スループットおよびMEC接続回線や拠点間回線(センタUPFの場合)の帯域設計が必要

12. ユースケース検証（映像AIシステムを用いた顔認証検証）

- 人材不足に対するDX推進に向けた施策例としてAI解析の導入があるが、この解析機能をNW側に設けて全国拠点をカバーし業界単位で利用する形態が実現できれば、DXの推進に大きく貢献できる。大きなバックボーンNWを有する大学拠点でコア共用した環境下において、本検証におけるAI顔認証のユースケースではセンタUPFでも品質は問題ない結果であったため、広帯域回線を用いた場合はセンタUPFの構成も選択可能と推定される。

3-2 映像AIシステムを用いた顔認証検証	
検証概要	<ul style="list-style-type: none"> ・業界共用NWを活用し、ローカル5Gの特性(超高速、低遅延)を活かし4Kカメラ映像AIによる顔認証判定を用いて入退室管等を行うユースケースを検証 ・センタUPFとエンドUPFそれぞれの構成でAI顔認証システム使用可否を検証し、複数拠点同時利用による他拠点への影響の有無について確認
検証方法	<ul style="list-style-type: none"> ・東北大学、東京大学、京都大学において1台の4KカメラをMEC拠点の映像AI顔認証システムへ接続し、人物特定および性別推定の実施 ・NTT中央研修センタにおいてAI顔認証システムにカメラデータ(20Mbps)を流している状況下で、各大学でAI顔認証システムの正常動作を確認
検証イメージ	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <p>【AI顔認証システムのイメージ】</p> </div> <div style="width: 45%;"> <p>【検証イメージ】</p> </div> </div>
結果	<ul style="list-style-type: none"> ・準同期TDD方式を採用し、複数拠点同時利用時において、NTT中央研修センタ、各大学においてAI顔認証システムの正常動作を確認 ・センタUPFとエンドUPFで映像・音声の品質に違いは発生しなかった
考察	<ul style="list-style-type: none"> ・顔認証の品質はセンタUPFでも問題ない結果であるため、広帯域回線を用いた場合はセンタUPFの構成も選択可能と推定される ・4Kカメラの1台の要求帯域 約20Mbps × 台数 で想定された必要帯域に対して、無線区間における実効UL伝送スループットおよびMEC接続回線や拠点間回線(センタUPFの場合)の帯域設計が必要

13. コア共用に向けたユーザーニーズ

- 普及展開に向けコア共用モデルのニーズの顕在化のため企業・団体の規模や業種等を問わず幅広く調査を実施した。
- ローカル5Gの導入・利活用の積極的なユーザーにおいては、相対的にみると自営型の意向が高い一方、今後導入・利活用する潜在層においては、現時点ではアウトソーシング型やサービス利用型の意向が高い傾向がある。
- 普及展開に向けては、アウトソーシング型・サービス利用型ニーズへの対応が求められると想定され、コアネットワークの共用の潜在的ニーズがあると考えられる。また、同一企業内・複数拠点間でのローカル5Gのネットワークの共有・一元的な運用に対するニーズは増大している。

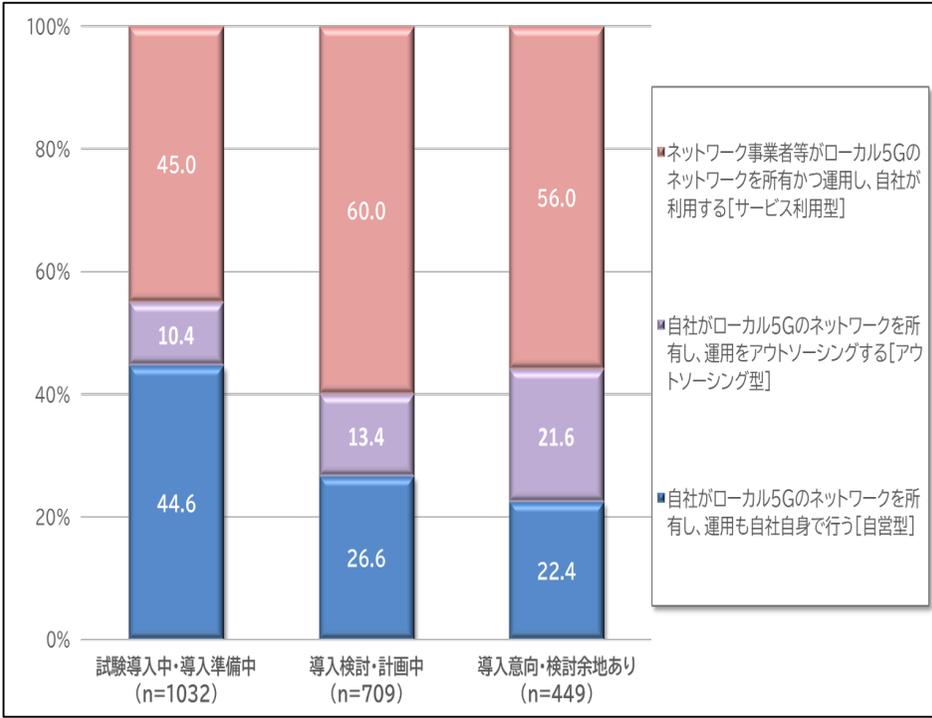


図1：ローカル5Gの運用形態に関する意向

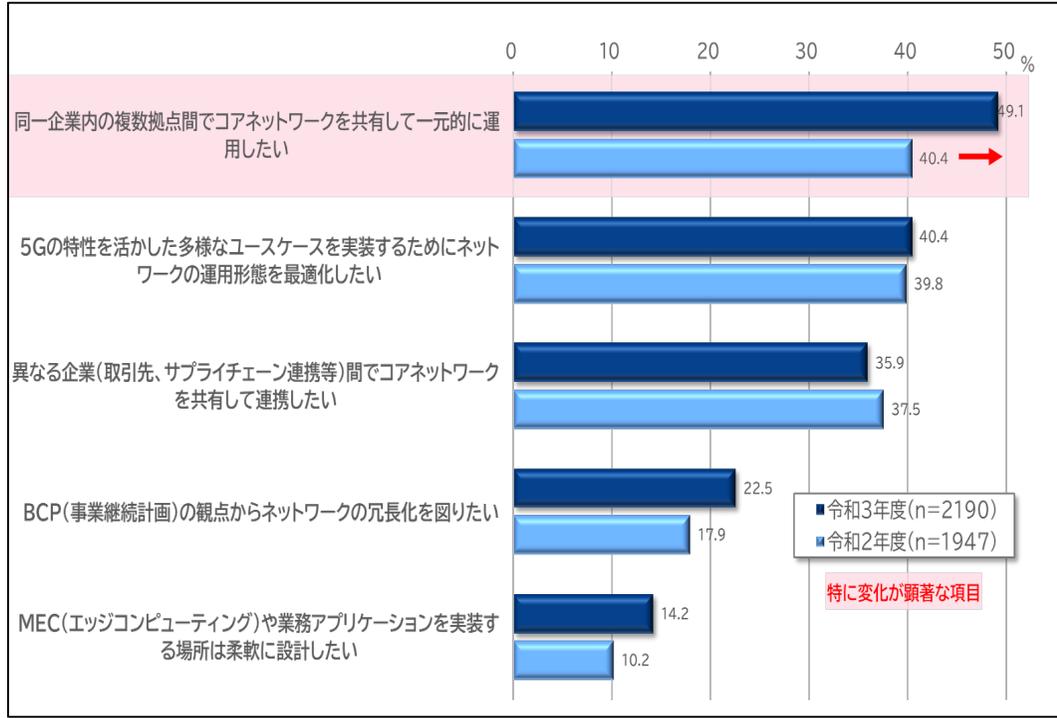


図2：ローカル5Gの運用形態に関する意向

調査対象：全国の民間企業及び地方公共団体に所属する個人
 調査時期：2022年2月

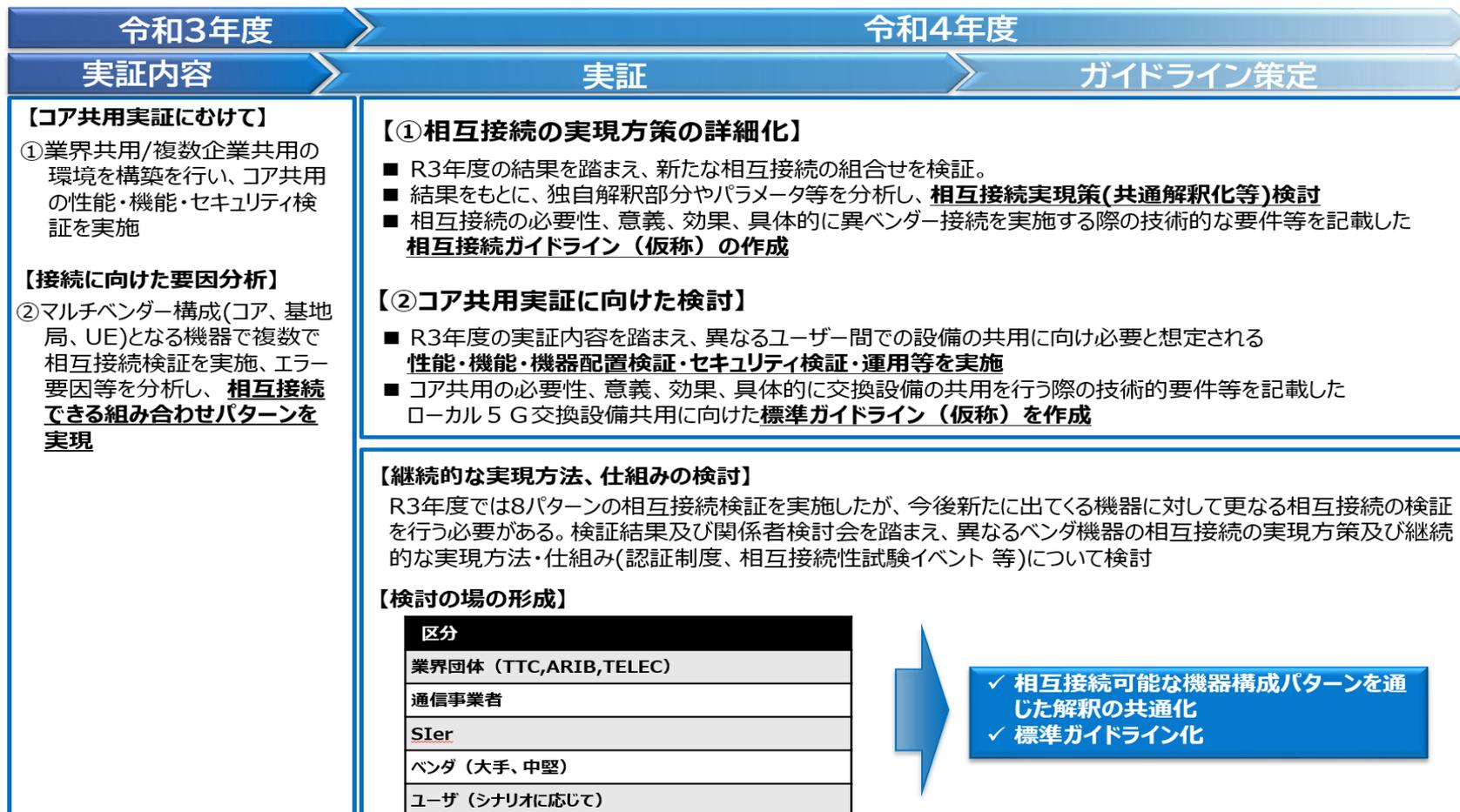
14. 各団体ヒアリング結果

- ベンダや業界団体、SIer等の関係者へ相互接続・コア共用について意向や課題等のヒアリングを実施。
- コア共用に向けては肯定的な意見が得られたが、実現にむけては相互接続に向けた標準化のルール制定、コア共用における運用要件整理、ガイドラインの作成等の課題が残っているため、令和4年度以降はこれらの課題を踏まえ関係者間での合意形成が必要になる。

ベンダ	<ul style="list-style-type: none">・ コア共用は、オンプレミスと違い、ユーザ側で用意するものが少なくなることから、ユーザ側でサービス導入の素早い判断が可能、スモールスタートが可能である。さらに、運用を提供側にアウトソースすることが可能なためローカル5G導入の障壁は下がると想定される。懸念点としては、クラウド回線が必要なこと。例えば、山の中の土木現場はクラウド回線がないので、一部オンプレのコアを希望される顧客もいる。・ 想定するコア共用は、顧客管理・SIM管理を裏で行い、IaaS/PaaS上のコアのレイヤから、完全に個者ごとに論理分離し、加入者情報(HSS)も含めて分離する必要がある。ただし、企業によってはセキュリティポリシーによってクラウドコアがそぐわない場合もあり得る。
SIer	<ul style="list-style-type: none">・ 大規模企業へのローカル5Gの展開にあたってはターゲット分野を定め、ターゲット価格を想定。但し、ローカル5Gの裾野拡大に当たっては、コアを含む共用モデルも検討する。
CATV	<ul style="list-style-type: none">・ ローカル5Gの普及展開に向けては、コア共用ネットワークが必要であるが、共用によるメリットを最大化するにはネットワークのマルチベンダ環境を実現することが望ましい。
業界団体	<ul style="list-style-type: none">・ マルチベンダーベースで安定してつながるために、相互接続のための規格化や相互接続試験が重要であると考えている。・ 例えば、認証の仕組みでは、一般的に規格適合性試験と相互接続性試験の2種類の実機試験が必要である。但し、仕様作成から、業務フローの整理、試験機関としての認定要件の整理等の作業が発生するため、ニーズを精査した上で実施すべきである。・ ローカル5Gを活用したソリューションにおいて、接続がうまくいかない原因が、基地局、コア、ゲートウェイなど色々な切り分け方があるが、何らか公式な場でヒアリングをし、問題点を明確化した上で担当を分けて検討していく形式が望ましい。相互の組み合わせにより事象が変わってくる。今後、コア共用の検討においては、共用した際の責任分界等、運用面について議論していくことが重要と考えられる。

15. 相互接続・コア共用に向けたロードマップ

- 令和3年度はコア共用の実装に向け、業界共用パターン、複数企業用パターンの環境構築を行い、コア共用の性能・機能・セキュリティ検証を実施。マルチベンダー構成となる機器で相互接続検証を行った。
- 令和4年は「異メーカー間の相互接続」に関する検証及び「交換設備の共用における性能・機能・セキュリティ」に関する引き続きの検証や実運用を想定し実装が必要とされる性能等を明らかにすることが望まれる。また、企業や各団体等へのローカル5G導入促進を目指し、上記内容を踏まえガイドラインの作成を実施する必要がある。



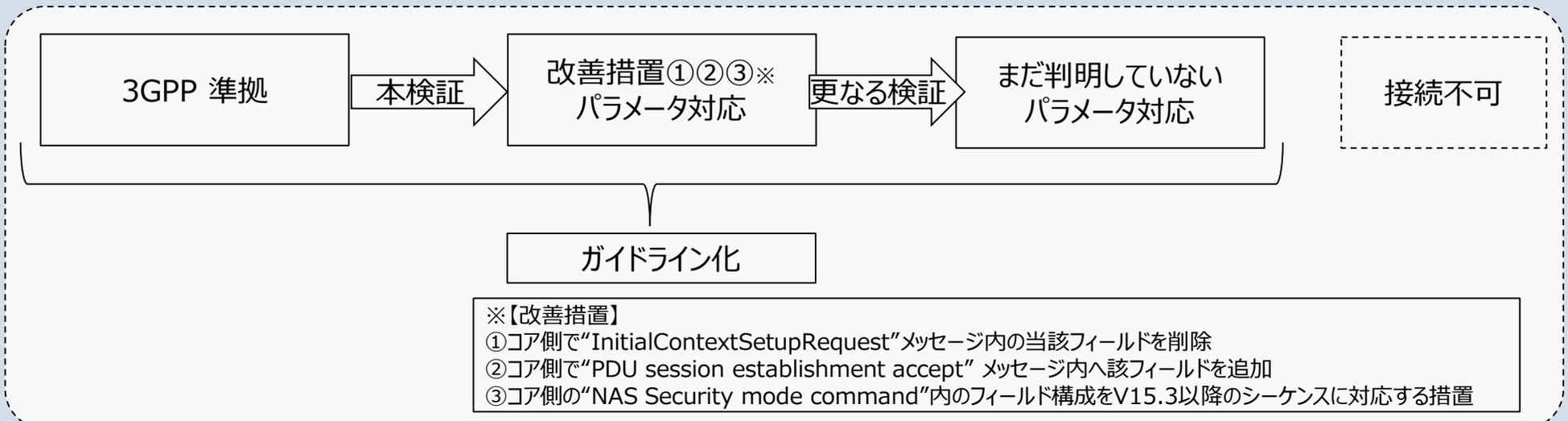
16. まとめ（相互接続・コア共用モデルの必要性／相互接続検証）

1 背景（相互接続・コア共用モデルの必要性）

- 相互接続及びコア設備の共用に関するニーズは、利用者側（企業・団体側）及び提供側（ベンダ・業界団体・SIer等）の双方に有していることがヒアリング結果から判明した。
- ローカル5Gの普及を促進させるためには、利用者側は、ユースケースや予算に合わせ、必要なスペックの機器を選択可能な状態にし、かつ様々な「コア設備の共用を含むシステム形態」や「サービス提供形態」から選択可能な状態になることが必要である。

2（1）相互接続検証

- 利用者側は、ユースケースや予算に合わせ最適なローカル5G機器を選定していくためには、コア設備及びRAN機器等を異なるメーカーから選定できることが重要であり、かつローカル5Gシステム形態の選択肢の一つとなるコア共用形態が実現していくためには相互接続が重要となる。
- 今回の調査研究を通して、3GPPで自由設計となっているパラメータ等の差異が相互接続可否に影響し、改善措置が必要となることが判明した。
- ただし、接続不可の事例もあり引き続きの原因究明と、今後さらに多くの相互接続パターン検証によりケーススタディを充実させ、まだ判明していないパラメータを把握した上でのガイドライン整備が必要である。



16. まとめ（ローカル5Gにおけるシステム形態）

2（2） コア共用における共用形態（ユースケース検証含む）

- コア設備共用を進めるには、利用者側が、ユースケースに応じて様々なシステム形態から選択可能な状態にする必要がある。本調査研究ではAI顔認証や遠隔支援をコア共用下におけるユースケースとしそれぞれで推奨される構成や回線種別等について検証した。
- コア設備共用下では、センタ拠点・エンド拠点の物理的距離が離れるため、特に低遅延用途でのユースケースにおいて対応が求められる場合があるものの、UPF配置や回線種別を工夫することで一定の対応が可能であることが分かった。
- 利用者側の多様なニーズを想定し、センタ拠点・エンド拠点の機器配置が異なるパターンについて更なる検証が必要である。

	① オンプレ型	③ C/U分離型(コア設備のみ共有)	⑤ 基地局設置型(コア設備+UPF共用)
センタ 拠点			
種回 別線		ベストエフォート回線	ギャランティ回線
エンド 拠点			
特 徴	拠点間の回線不要であり完全閉域NWである。	コア設備の共用により安価であり、UPFがエンド拠点に配置されることで低遅延性能も問題ない。	低遅延性が求められる場合に有効。但し拠点間のギャランティ回線が高価であるため、既にギャランティ回線が敷設されている業界共用NW等で有効。
推 奨 モ デル	自動運転等において、低遅延性能かつ閉域NWが求められる用途であり、他拠点と共用しないモデル	工場の遠隔操縦等の低遅延性能を要する用途であり、複数企業で共用するモデル	広帯域な業界共用NW等を有し複数の拠点で共用するモデル

1 6 . まとめ（コア共用システム検証／相互接続・コア共用モデルの展開に向けて）

2（3） コアの共用におけるローカル5Gシステム検証

- コア設備の共用を進めるためには、共用するにあたり必要な機能を抽出し、その機能がオンプレミスと同様に動作することが必要である。本調査研究では、性能面、機能面、セキュリティ面から検証しコアを共用することは技術的に実現可能であることが分かった。
- **性能面：**
 - UE1台あたりの消費メモリを明らかにし、コアの共用環境で総合的に接続されるUE台数を考慮してメモリを準備することが必要。
 - コアの共用環境では、拠点間の回線における遅延時間の劣化が懸念されるため、低遅延が求められるユースケースでは性能を考慮した回線種別の選定やUPFの機器配置が必要。
- **機能面：**
 - SIM認証や端末管理等の必要機能について、コアの共用環境でも統合した運営や拠点毎に分別して閲覧及び管理を実現できる。
 - UE毎に設置位置の異なるUPFの選択し、ユースケースに応じた柔軟なNWを構築することが可能。
 - 在圏情報等、付加価値となりえる機能の検証が今後必要。
- **セキュリティ面：**
 - 複数ユーザで共用可能な仮想アプライアンス製品やIPsec機能を有するセキュリティ機器を活用することで、コア共用下においてもコストを抑えながらセキュリティ対策が可能。

3 相互接続・コア共用モデルの展開に向けて

- 今年度の調査研究で、ローカル5Gにおける相互接続は、その実現可能性が高まったが、相互接続要件となるパラメータ等の検証の必要性も判明した。また、コア共用は、技術的に実現可能であることは確認できたが、ユースケースや運用面等を踏まえた更なる検討の必要性も明らかになった。
- 今後、多様な相互接続の実現、ユースケースに合わせたコア共用モデルの確立、コア共用の運用要件等の明確化等の観点から検証を進めることが必要である。
 - 相互接続において、今回接続不可パターンの措置解明や、接続に必要なパラメータを解明するため、更に相互接続パターンを増やし検証
 - 利用者側のユースケースに合わせた更なる導入の容易化を目指すため、機器の集約化を進めたローカル5Gシステム形態の実現性を検証
 - コア設備共用の技術的実現性担保のため、コア設備の冗長性、今回未検証である新たなセキュリティ要件、コア共用下での運用要件等に関する検証
- 本調査研究結果に加え、上記検証結果を取りまとめ、相互接続・コア共用モデルに関する「ガイドライン」を作成することで、ローカル5Gの普及促進を目指す必要がある。

(参考)ローカル5Gシステム各装置の機能

