

令和4年度 課題解決型ローカル5G等の実現に向けた開発実証

ローカル5Gを活用したコンテナプランニングデータの
リアルタイム伝送等による
港湾・コンテナターミナルのDXの推進

成果報告書概要版

令和5年3月

西日本電信電話株式会社

実証概要

実証概要

実施体制 <small>(下線：代表機関)</small>	西日本電信電話(株)、夢洲コンテナターミナル(株)、三菱ロジスネクスト(株)、大阪市、阪神国際港湾(株)、京セラコミュニケーションシステム(株)、NTTビジネスソリューションズ(株)	実施地域	大阪府大阪市 (夢洲コンテナターミナル)
実証概要	サプライチェーンのグローバル化により重要性を増す港湾事業においては、大型コンテナ船の寄港増加による荷役時間の長期化、コンテナターミナルのゲート前混雑の深刻化及び高齢化による人手不足という課題が存在。 ▶ 港湾エリアにローカル5G環境を構築し、コンテナターミナル内業務ネットワークの高品質化、コンテナプランニングデータのリアルタイム伝送による保管工程業務の効率化、トレーラー待機場の混雑状況の可視化を可能とする実証を実施。		
主な成果	▶ 業務ネットワークの高品質化は、従来と比べ約5倍の アップロード平均170Mbps を達成、コンテナ間の狭小エリアでも港湾業務アプリ通信が可能なネットワークであること、地上約22mのRTG*における プランニングデータの電子化 を実現、トレーラー待機の混雑可視化により、約30%の平準化を実現。 ▶ 既存業務通信に加え、複数ソリューションを港湾独自の環境下で実運用可能なネットワークにより、更なる港湾DXに寄与できることを確認。		
技術実証	▶ コンテナターミナルにおいて、伝送路におけるコンテナ等の遮蔽物や海面の割合などに着目した電波伝搬モデルの精緻化を実施。 ▶ 周波数：4.8-4.9GHz帯（100MHz） 構成：SA方式 利用環境：屋外		
主な成果	▶ コンテナヤード内で妨害物となるコンテナとRTGの前面、背面で受信強度を測定。 フレネルゾーンの遮蔽率と妨害物との距離に応じて減衰量の変動 を確認。 ▶ 補正值：Sに対する精緻化を実施。 アンテナのメインビームに関しては「S=11dB」、エッジビームに関しては「S=5dB」が適切 であると推定。 ▶ 補正值：Kに対する精緻化を実施。1kmを超える海面積環境であれば、水面の影響を受けることを確認。 「K=11dB」が適切 であると推定。		
今後の展開	本実証成果の実装に向けては、ローカル5Gにフィットした港湾システムへの改修を含めた検討が必要。 令和5年度は既存無線の更改に併せてローカル5Gへの切り替えと港湾システム改修を実施し 、令和6年度以降、ネットワークの更改やコンテナターミナル増移設のタイミングを見定めた、他港湾への展開を検討。		

RTG*…Rubber Tired Gantry crane（タイヤ式門型クレーン）の略

コンテナターミナル内 業務ネットワークの高品質化

- ✓ ネットワークの1本化・高品質化による運用効率化や更なるDXの推進



コンテナプランニングデータのリアルタイム伝送による保管工程業務の効率化

- ✓ リアルタイムな情報更新による指示伝達の精度向上、業務効率化



トレーラー待機場の混雑状況の可視化

- ✓ トレーラー待機場の混雑緩和、待機時間の削減



実施体制

- 7社によるコンソーシアムを形成し、社会実装を見据えた実証体制を構築



実証環境

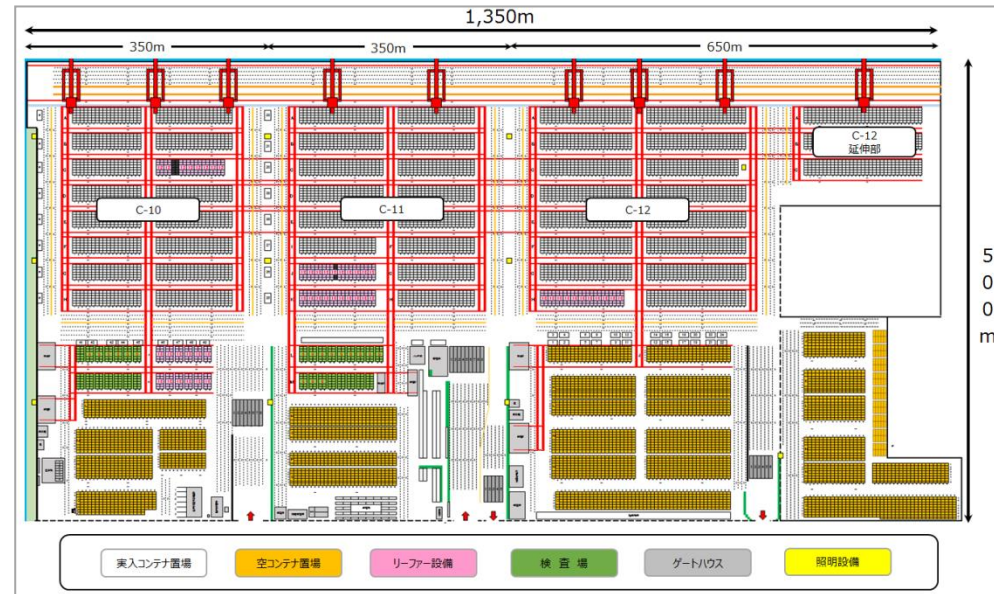
実施環境

- 日本で2ヶ所5港のみが指定されている、国際コンテナ戦略港湾であり、2025年大阪・関西万博予定地でもある、大阪港の夢洲での実証を実施
- 夢洲コンテナターミナル全域（1,350m×500m）とターミナルから約300m離れたトレーラー待機場が実証フィールド

<大阪港夢洲の全景>



<夢洲コンテナターミナルの設備概要>



<コンテナターミナル内の様子>



<コンテナターミナルとトレーラー待機場の位置関係>



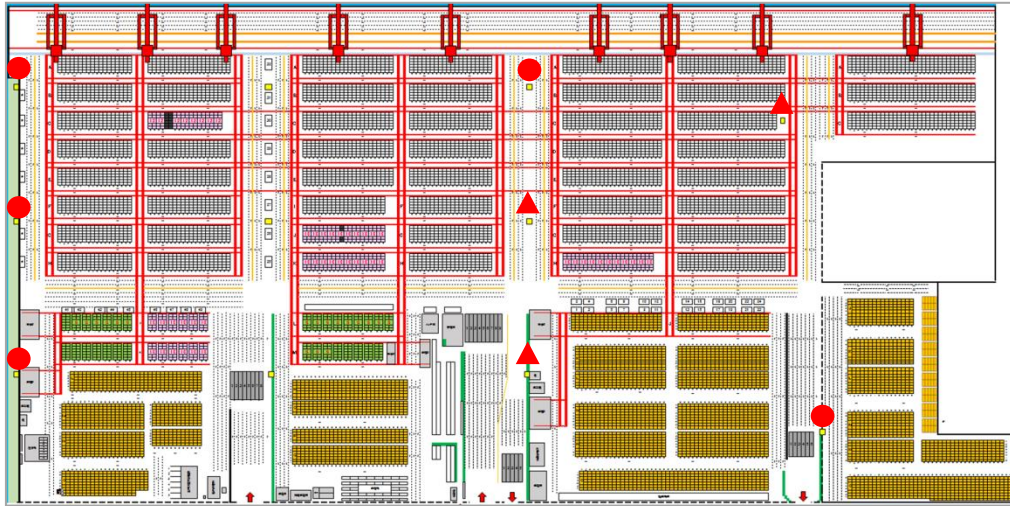
コンテナターミナル内に設置した基地局から約300mの距離にトレーラー待機場がある



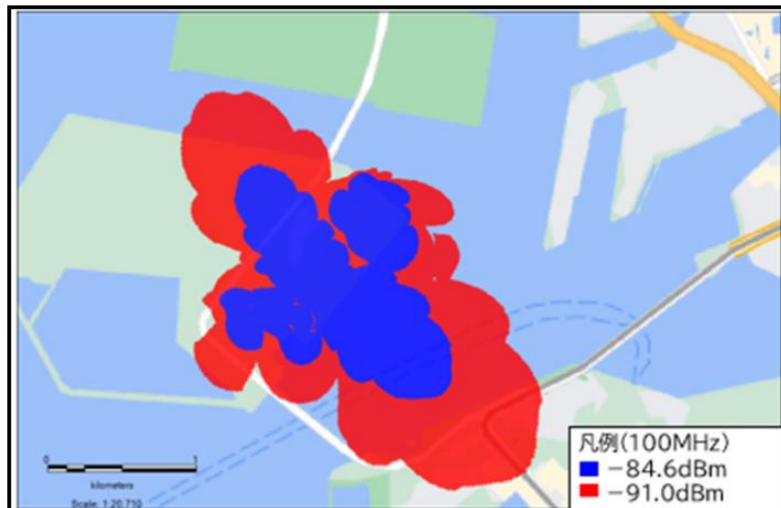
実施環境

- ローカル5G周波数帯は4.8-4.9GHz、SA構成にて環境構築
- コンテナターミナル内の11局の基地局を設置し、技術実証、課題実証を実施
- 免許種類：実験局免許 免許人：夢洲コンテナターミナル株式会社

<基地局設置箇所> ※赤丸部と赤三角部に設置、赤三角部には2局を設置



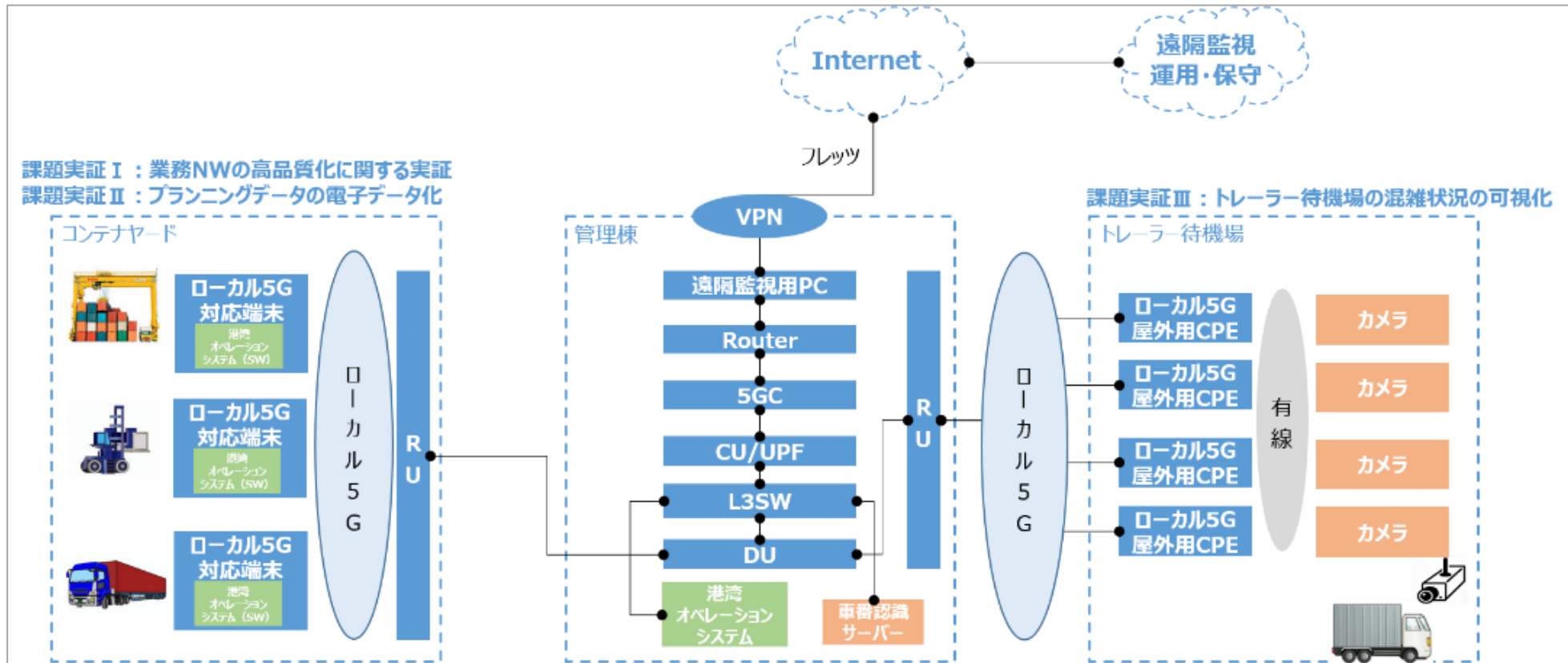
<エリアカバー図>



<ローカル5Gシステムの主な技術的諸元>

製造ベンダー	Samsung
基地局数	11
設置場所	屋外
同期/準同期	同期、準同期
UL:DL比率	同期1:4 準同期4:6
周波数帯	4.8~4.9GHz
SA/NSA	SA
UL、DL周波数	4.8~4.9GHz
UL、DL帯域幅	100MHz
UL、DL中心周波数	4849.98MHz
UL、DL変調方式	256QAM
MIMO	4×4MIMO
ULセルスループット	220Mbps/440Mbps
DLセルスループット	1300Mbps/860Mbps

ネットワークシステム・構成



- 青・緑・赤：コンテナターミナル内業務ネットワークの高品質化に関する実証システム
- 緑：プランニングデータのリアルタイム伝送による保管工程業務の効率化に関する実証システム
- 赤：トレーラー待機場所の混雑状況の可視化に関する実証システム

ローカル5Gの電波伝搬特性等に関する技術的検討（技術実証）

技術実証テーマⅠ：電波伝搬モデルの精緻化

テーマⅠ 電波伝搬モデルの精緻化	テーマⅡ エリア構築による柔軟性向上	テーマⅢ 準同期TDDの追加パターンの開発
課題解決システム利活用環境における技術的課題	複合する電波伝搬要因下でのローカル5Gエリア構築 -基地局からの見通しや、海面反射影響による想定エリアとの乖離 -日々変わる環境や状況における電波伝搬モデルの精緻化	
上記課題の解決のための目標	電波損失計算式における補正值「K」及び補正值「S」の明確化	
実証前の仮説	実証方向性①：海面影響がないと想定される方向で、補正值「S」に関する精緻化を実施 -ビルに囲まれた都市部相当に該当すると想定。複合化する電波伝搬要因も考慮 実証方向性②：コンテナの影響を最小限に抑え、補正值「K」に対する精緻化を実施	
昨年度実証の残存課題	<ul style="list-style-type: none"> ● 補正值「S」に補正值「K」の要素が内包されている可能性がある ● 妨害物までの距離に応じた電力減衰量を考慮する 	
今年度実施内容サマリー	<ul style="list-style-type: none"> ● コンテナヤード内外合計68地点にて測定を実施 ● 電波伝搬要因の要素化を狙い、「コンテナ」、「RTG」の前面背面にて減衰量を測定 ● 「Sub6：S」、「Sub6：K」に関して最適な補正值を算出 	

<技術実証環境概要>



<実証仮説値>

補正值	対象基地局	算出法値	仮説値
実証 方向性①	「K：Sub6帯」	0.0	0.0
	「S：Sub6帯」	0.0	6.0
実証 方向性②	「K：Sub6帯」	0.0	8.09
	「S：Sub6帯」	0.0	43.24 (56.24-13)

技術実証テーマⅠ：電波伝搬モデルの精緻化

テーマⅠ 電波伝搬モデルの精緻化

テーマⅡ エリア構築による柔軟性向上

テーマⅢ 準同期TDDの追加パターンの開発

電波伝搬要因の要素化

- コンテナターミナル内で電波伝搬要因となりえる妨害物「コンテナ」、「RTG」の前面背面で測定を実施
- 減衰量とフレネルゾーンの遮蔽率から妨害物特性を把握

<実証結果：各妨害物による電波減衰量>

妨害物	基地局から測定ポイントAまでの距離(m)	基地局から測定ポイントBまでの距離(m)	妨害物前面受信電力(dB)	妨害物背面受信電力(dB)	遮蔽物から測定点の自由区間損失(dB)	減衰量(dB)	フレネル半径の遮蔽	備考
コンテナ	221	227	-92.9	測定不可	-0.15	37.1	100%	コンテナ2段 NOLS
コンテナ	221	231	-92.9	-109.9	-0.3	16.97	45%	コンテナ2段 LOS
コンテナ	154	160	-92.8	-102.7	-0.22	9.9	50%	コンテナ1段 NOLS
コンテナ	154	164	-92.8	-99.5	-0.44	6.7	30%	コンテナ1段 LOS
RTG	45.7	368.6	-107.6	測定不可	-	22.4	100%	同一測定点でのRTG有無
RTG	45.7	485	-111.1	測定不可	-	18.9	100%	同一測定点でのRTG有無

<考察：距離とフレネルゾーンの遮蔽率によって減衰量が変動すると推察>

「補正值：K」の精緻化

- 3パターンの海面割合で実測と補正值の算出を実施

<推察する精緻化値「補正值：K」を適用させたカバーエリア図>

<港湾エリアに対する精緻化結果>

	補正值 K
精緻化値	11
海面距離	約1km
アンテナ高	14m
俯角	5°



<考察：海面の影響を受けて電波伝搬の促進が起きていると推察
海面が1kmを超える環境では海面割合の差分は少なかった>

「補正值：S」の精緻化

- コンテナによる遮蔽影響に差分があったため、アンテナのメインビーム方向とエッジビーム方向に分類した精緻化を実施
- 妨害物の遮蔽影響がある測定地点については「要素化」で算出した減衰量を加味して補正值算出

<港湾エリアに対する精緻化結果>

	補正值S ①	補正值S ②
精緻化値	9 dB	5 dB
アンテナ高	25m	25m
指向方向(ビーム)	コンテナ列に対して平行(メインビーム)	コンテナ列に対して平行(エッジビーム)

<推察する精緻化値「補正值：S」を適用させたカバーエリア図>



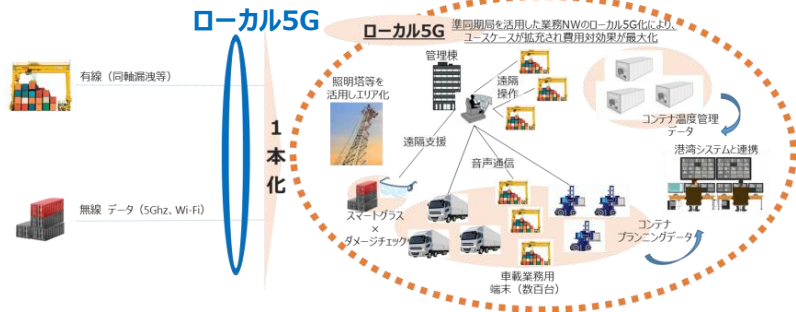
<考察：コンテナ列に対して平行にメインビームを発出することでS=9が適用可能と推察>

ローカル5G活用モデルに関する検討（課題実証）

ローカル5G活用モデルの有効性に関する検証（1）

<ソリューションⅠ：コンテナターミナルにおける業務用ネットワークの高品質化による更なるDX推進に関する実証>

5GHz帯無線アクセスシステム、Wi-Fi、有線等で行われている業務通信（コンテナ蔵置/温度管理データ等）をローカル5Gシステムで1本化し、且つ、複数の港湾DXソリューションが同時に機能するかを機能面やコスト、導入効果面を踏まえて有効性を実証した。

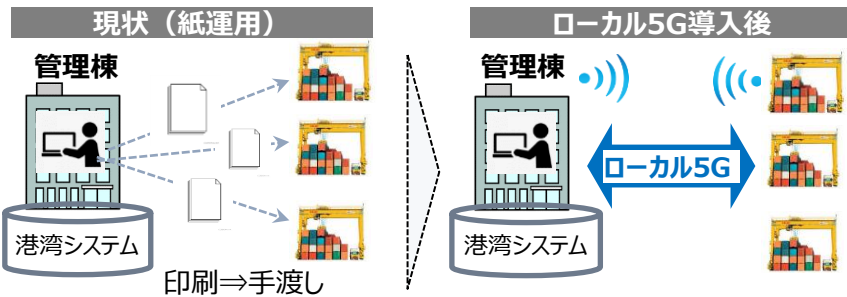


有効性等に関する検証

機能	業務通信+港湾DXに必要なスループット110Mbps/基地局を実測により確認 ※既存業務40Mbps+港湾DX70Mbps⇒コンテナヤード内80ポイントで測定
運用	ローカル5G対応端末で業務アプリケーションを機能させデータ通信確認 ⇒コンテナ間の狭小エリアで通信確認、車両移動時の通信確認（4Kカメラ通信等）
効果	既存無線システムとローカル5Gシステムの導入効果を比較検証 ⇒ローカル5G導入費用-効果額（本実証ソリューション+昨年度ソリューション）

<ソリューションⅡ：プランニングデータのリアルタイム伝送による保管工程業務の効率化>

プランニングデータを電子化し、ローカル5Gでのリアルタイム伝送によるコスト、導入効果面を踏まえて有効性を実証した。

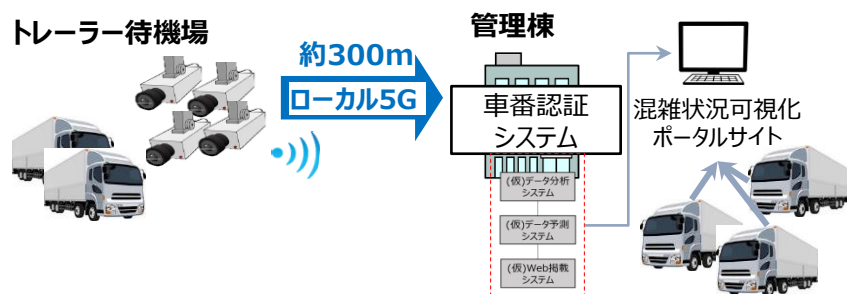


有効性等に関する検証

機能	一斉送信に必要なダウンロード通信帯域100Mbps/基地局を実測により確認 ⇒RTG上の16ポイントで測定
運用	アプリケーションの画面操作性、メンテナンス性等の項目について、評価を確認 ⇒RTGオペレーターリーダーへのヒアリングにおいて確認
効果	電子化による削減費用を比較検証 ⇒現状の運用方法との比較により確認

<ソリューションⅢ：トレーラー待機場の混雑状況の可視化>

コンテナターミナル外の混雑状況について、トレーラー待機場の待機時間を可視化することで行動変容が起こるかをコスト、導入効果面を踏まえて有効性を実証した。



有効性等に関する検証

機能	映像通信に必要なアップロード通信帯域20Mbpsを確認 ⇒トレーラー待機場の測定ポイントで測定
運用	ポータルサイトの画面操作性、メンテナンス性等の項目について、評価を確認 ⇒アンケート（50名）により確認
効果	行動変容率を確認する ⇒実測データ及びアンケート結果により、実際の行動変容率を確認

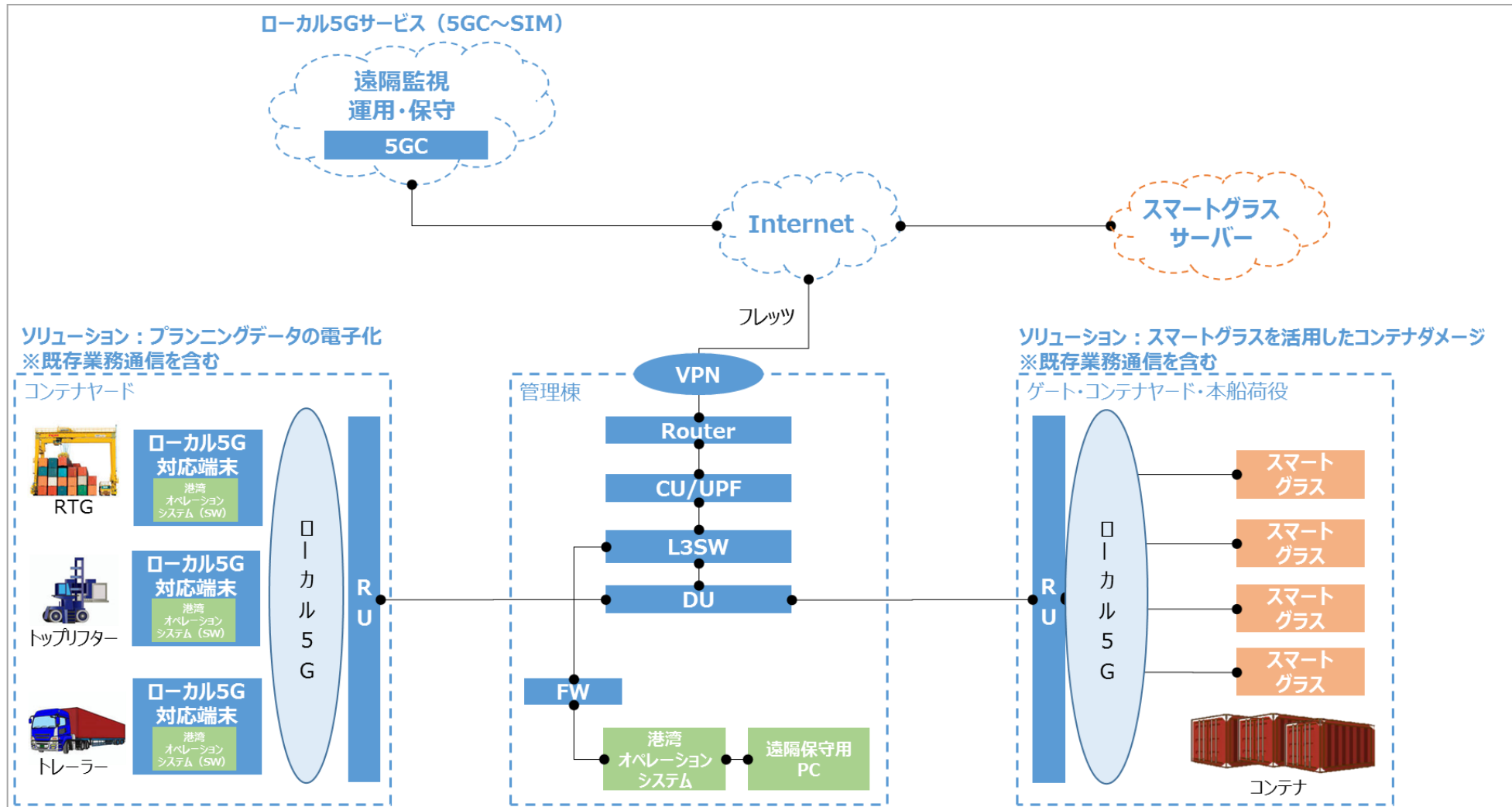
ローカル5G活用モデルの有効性に関する検証（2）

- ローカル5Gによる港湾業務NWの高品質化が実現、複数のソリューションを機能させた港湾DXの推進が可能であることを実証
- ペーパーレス化だけでなく、業務安全性を高め、コンテナターミナル周辺の混雑緩和においても一定の効果が見込める

ソリューション名		評価・検証項目	目標	検証結果	目標達成状況	考察及び対応策
Ⅰ： コンテナターミナル 業務用ネットワークの高品質化ソリューション	機能	1.基地局あたりのスループット 2.無線区間の遅延測定 3.映像遅延測定	1.110Mbps以上 (UL/DL) 2.15msec以内 3.250msec以内	1.平均スループット UL167Mbps DL353Mbps 2.14.7msec 3.214msec	1.○ 2.○ 3.○	1.目標値を大きく上回り、大容量化を実現 アンテナが見切れた場所でも目標を上回る 2.目標達成、基地局から350m以内は安定 3.目標達成※低遅延映像システムを用いた場合
	運用	1.コンテナ間狭小エリアの通信 2.車両移動時の通信 3.4Kカメラ通信の安定性 4.アプリケーション通信	1.通信可能 2.断続的な通信可能 3.3日間の安定通信 4.通信可能	1.通信可 2.断続的な通信可 3.3日間安定 4.通信可	1.○ 2.○ 3.○ 4.○	全項目について、目標達成。 ローカル5Gが港湾業務で運用に耐えること、港湾システムとの接続性についても問題ないことを確認
	効果	1.ローカル5G導入の費用対効果を評価	1.収支計画の作成	1.7年運用の収支計画を作成	1.○	1.港湾DXソリューションの同時導入でローカル5G導入費用を回収可能性あり。
Ⅱ： プランニングデータの電子化ソリューション	機能	1.DLスループット	1.100Mbps以上	1.平均スループット 273Mbps	1.○	1.目標値を大きく上回り、RTG30台への一斉送信も可能
	運用	1.勉強会を実施 2.定着化施策の実施	1.運用における意見集約 2.勉強会での意見に対する対策を実施	1.18名の意見を集約 2.3点の対応を実施	1.○ 2.○	1.マニュアルなどのドキュメント類整理要望など運用定着化に向けた積極的な意見集約を実現 2.28/34件の改善要望について対策を実施
	効果	1.削減費用を算出	1.560万/年の削減	1.560万/年の削減	1.○	1.目標とおりの効果が得られることを確認
Ⅲ： トレーラー待機場の混雑状況可視化ソリューション	機能	1.ULスループット	1.20Mbps以上	1.295Mbpsを実測	1.○	1.目標値を大きく上回り、車番認証システムが問題なく機能する品質であることを確認
	運用	1.ポータルサイトの維持、メンテナンス性をアンケートにより確認	1.5段階評価、平均 4.0以上	1.平均4.3以上	1.○	1.画面・操作機能性は高評価であったが、メンテナンス性は、維持費用の回収が困難と判断し低評価
	効果	1.行動変容が起こるかを実測	1.30～40%の行動変容	1.34.2%の行動変容	1.○	1.目標を達成、効果を最大化するためには全ての待機場の可視化が必要

ローカル5G活用モデルの実装性に関する検証（1）

ローカル5G活用モデルの全体像



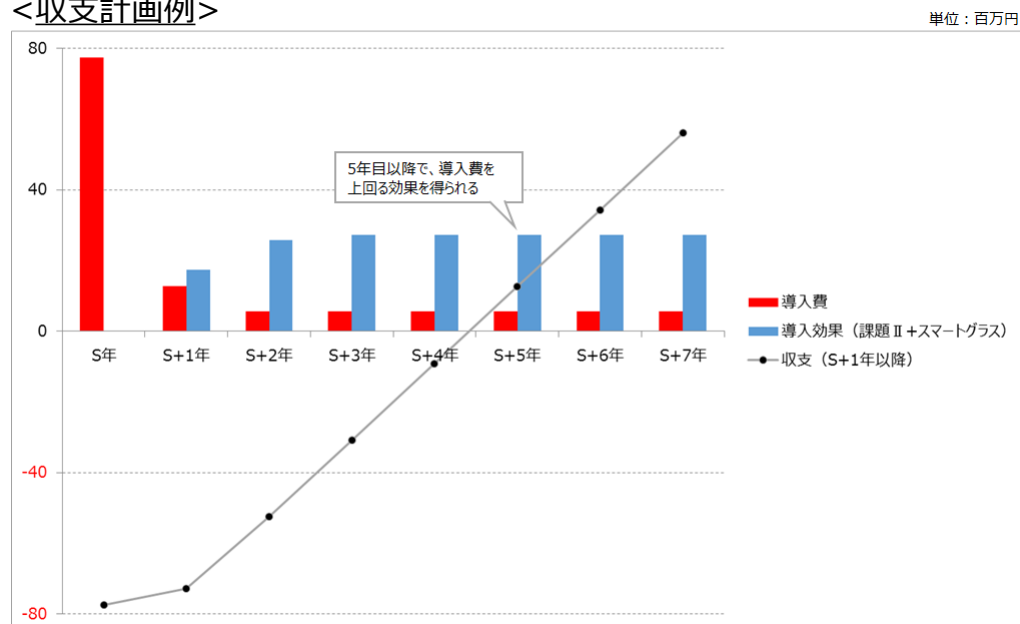
ローカル5G活用モデルの実装性に関する検証（2）

実装性を高めるための手法の検討

- 既存の業務ネットワークである、5GHz帯無線アクセスシステムとローカル5Gシステム導入効果を比較する
- ローカル5Gシステム導入には、SI提供型ではなく、サービス利用型であるNTT西日本グループが提供する「ローカル5Gサービス」を適用する ※SI提供型は個別設計のため運用保守費が高額なため

システム	初期費用	導入効果
5GHz帯無線アクセスシステム	約7,000万円	現状と変わらず
ローカル5Gサービス（ソリューションを含む）	約8,500万円	ソリューションによる導入効果で導入費用を回収可能

<収支計画例>



ローカル5Gサービス導入費用（機器費・構築工事費）：
約6,500万円

ソリューション導入費（機器費等）：

- ・ プランニングデータ電子化 約1,200万円
- ・ スマートグラスを活用したコンテナダメージチェック：約700万円

ランニング運用保守費（ソリューションを含む）：約550万円/年

導入効果額：最大約2,700万円/年

「ローカル5Gサービス」の適用により、従来よりもローカル5Gシステムの導入初期費用や運用保守費が低減、業務ネットワーク+DXソリューションの同時機能可能なことが実証されたため、設備投資の2重化でなく、効率的な設備投資が実現、ソリューション導入効果により5年目以降から導入費を上回る収支計画となる。

実装計画・収支計画

単位：百万円

		令和4年度 (2022)	令和5年度 (2023)	令和6年度 (2024)	令和7年度 (2025)	令和8年度 (2026)	令和9年度 (2027)
実装計画	プランニングデータの電子化	開発実証	課題対応	コンソ内 実装	他地域・他分野への横展開		
	スマートグラスコンテナダメージ		課題対応				
	ローカル5Gシステム	開発実証	実装				
収支計画 (千円)	(1)ユーザから得る対価	—	85	3	21.5	23	24.5
	(2)補助金・交付金	—	0	0	0	0	0
	(3)収入 ((1)+(2))	—	85	3	21.5	23	24.5
	(4)ネットワーク設置費	—	65	0	15	15	15
	(5)ネットワーク運用費	—	3	3	4.5	6	7.5
	(6)ソリューション購入費	—	13	0	2	2	2
	(7)ソリューション開発費	—	4	0	0	0	0
	(8)支出((4)+(5)+(6)+(7))	—	85	3	21.5	23	24.5
	(9)収支 ((3)-(8))	—	0	0	0	0	0
収入、支出の算定根拠	<ul style="list-style-type: none"> ・2023年度は、SI型による実装を開始、ローカル5G対応端末等を購入予定、「ローカル5Gサービス」への転換を具体検討 ・2024年度は、「ローカル5Gサービス」への転換を実行、設置費等が発生 ・2025年度以降は、「ローカル5Gサービス」での実装、他港湾への横展開をめざす 						

まとめ

実証のまとめ

- 技術・課題実証ともに目標を達成
- 港湾業務でのローカル5G活用の有効性を確認、サービス利用型での他港湾展開を今後、展開していく

技術実証：電波伝搬モデルの精緻化

目標：港湾エリアにおける補正值「K」及び補正值「S」を明確化し、最適なローカル5Gエリア構築を行う

- | | |
|----------------|--|
| 電波伝搬要因
の要素化 | <ul style="list-style-type: none"> ➢ コンテナターミナル内の電波伝搬要因となる「コンテナ・RTG」の前背面で測定 ➢ 減衰量とフレネルゾーンの遮蔽率から妨害物特性を把握 |
| 補正值「K」 | <ul style="list-style-type: none"> ➢ 3パターンの海面割合で実測と補正值の算出を実施、「11」と推察 |
| 補正值「S」 | <ul style="list-style-type: none"> ➢ メイン・エッジビームに分類した精緻化を実施、メイン「9」、エッジ「5」と推察 |

課題実証

目標：ローカル5Gの特性を活用した、港湾業務の業務効率化・生産性向上、混雑緩和等の課題解決

- | | |
|-------------------|--|
| 業務NWの
高品質化 | <ul style="list-style-type: none"> ➢ コンテナターミナル全域で平均スループットUL167Mbps、DL353Mbpsを実測 ➢ これまで人手で巡回していた多くの確認作業を無線通信で代替する可能性を実証 |
| プランニングデー
タの電子化 | <ul style="list-style-type: none"> ➢ 全RTG30台への一斉送信が可能な大容量を確保（平均273Mbps） ➢ オペレーションの生産性向上を見込む（年560万円の稼働削減効果） |
| トレーラー待機
場の可視化 | <ul style="list-style-type: none"> ➢ 混雑状況の可視化により、約30%の行動変容を確認 ➢ 行動変容から机上での生産性向上を算出（年8,100万円と推計） |

実装・普及展開

- NTT西日本グループが提供するサービス利用型「ローカル5Gサービス」での実装を前提に、2024年度より実運用
- 2025年度以降、年間20万TEU以上の港湾事業者をターゲットに横展開を実施