

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

【開発実証事業】

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

令和5年3月

西日本電信電話株式会社

目次

1.	実証概要	1
1.1	背景・目的	1
1.2	実証の概要	1
2.	実証環境の構築	3
2.1	対象周波数帯	3
2.2	実施環境	3
2.3	ネットワーク・システム構成	4
2.3.1	ローカル 5G システム	4
2.3.2	全体システム	5
2.3.3	照明塔への基地局設置状況	7
2.3.4	ローカル 5G 対応端末の概要	12
2.4	システム機能・性能・要件	13
2.4.1	5GC の概要	13
2.4.2	CU/UPF の概要	13
2.4.3	レイヤ 3 スイッチの概要	14
2.4.4	DU の概要	15
2.4.5	n79 Outdoor RU の概要	15
2.4.6	整流器の概要	16
2.4.7	平面アンテナ (X25-3545FTD) の概要	16
2.4.8	セクターアンテナ (VH65A-3545RTD) の概要	17
2.4.9	GPS アンテナの概要	17
2.4.10	エリアテストの概要 ※技術実証で使用	18
2.4.11	測定用 PC の概要 ※技術実証で使用	19
2.4.12	XCAL の概要 ※技術実証で使用	19
2.4.13	GPS 測定器の概要 ※技術実証で使用	20
2.5	その他	21
2.5.1	実証システムの拡張性等	21
2.5.2	実証システムの安全性確保のための対策	21
3.	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)	23
3.1	実証概要	23
3.2	実証環境	24
3.3	実施事項	27
3.3.1	電波伝搬モデルの精緻化	27

3.3.2	エリア構築の柔軟性向上	61
3.3.3	準同期 TDD の追加パターンの開発	61
4.	ローカル 5G 活用モデルに関する検討（課題実証）	62
4.1	実証概要	62
4.1.1	背景となる課題	62
4.1.2	本実証におけるローカル 5G 活用モデル	65
4.1.3	実証内容の新規性・妥当性	73
4.1.4	実証目標	75
4.2	実証環境	77
4.3	実施事項	80
4.3.1	ローカル 5G 活用モデルの有効性等に関する検証	80
4.3.2	ローカル 5G 活用モデルの実装性に関する検証	281
4.3.3	ローカル 5G 活用モデルの実装に係る課題の抽出及び解決策の検討	291
4.3.4	ローカル 5G 活用モデルの実装・普及展開	292
5.	普及啓発活動の実施	297
5.1	映像制作	297
5.2	実証視察会の実施	297
5.3	その他普及啓発活動	298
6.	実施体制	299
6.1	実施体制の全体像	299
6.2	実施体制内の役割	300
7.	スケジュール	302

1. 実証概要

1.1 背景・目的

物流面における、現在の我が国の港湾が抱える課題として、サプライチェーンの効率化があげられます。近年の製造業では、工場を東南アジアなどに置いて部品などの基礎素材を製造し、日本に運び製品として組み上げるスタイルが一般的になっています。

物流の窓口であり、重要な機能拠点でもある港湾で、荷物の積み下ろしが滞ってしまうと、その後のサプライチェーン全体に遅延が発生し、完成品のコストが上がり、最終的には消費者が支払う製品に対する値段に跳ね返ってきます。そのため、物流・輸送の経由地点である港湾でいかに迅速かつ正確に作業を進めることができるかが重要になります。

海外の港湾では、荷役機器の自動化や遠隔操作化により競争力を上げている港湾が存在し、我が国でも国際競争力の強化、労働人口の減少等に対し、業務効率化・生産性向上に加え、労働環境や荷役作業の安全性向上に向け、情報通信技術を活用した港湾のスマート化（AI ターミナル構想等）が進められています。

令和3年度の開発実証では、ローカル5Gの港湾業務への適応として、スマートグラスを活用したコンテナダメージチェックの遠隔化、RTG（Rubber Tired Gantry crane：タイヤ式門型クレーン）等の遠隔操作に関する有用性の検証、外来トレーラーによる周辺道路の混雑状況の緩和、また、それらを支える技術実証として、電波伝搬モデルの精緻化、電波反射板を活用したエリア構築の柔軟化、準同期TDDの開発に取り組みました。

実証から得られた成果として、ローカル5Gは港湾に適した無線通信特性（遮蔽物・障害物に強い電波伝搬特性、大容量通信等）を持ち、様々なソリューションと合わせて活用することで、港湾業務のDXを強く推進できることが明らかになりました。しかしながら、以下の課題を残すこととなりました。

【課題実証】

- ・ ローカル5G導入による精緻な収支計画を算定できなかった点
- ・ 既存の業務ネットワークを巻き取り、更なるDXを想定した収支計画
- ・ 港湾における最適な置局設計モデルの構築まで至らなかった点
- ・ 周辺道路の混雑緩和について、行動変容の実測まで至らなかった点

【技術実証】

- ・ 異なる海面比率の測定グループによる分析、考察まで至らなかった点

令和4年度の本開発実証においては、これらの残課題を解消し、港湾におけるローカル5Gの活用モデルを更に明確なものとし、実証後の普及展開とともに、港湾業界全体が抱える課題解決に寄与することを目的としました。

1.2 実証の概要

本実証では、港湾業界が抱える実課題を解決することを目的とした、港湾エリアにおける、課

題実証と電波伝搬モデルの精緻化に向けた技術実証に取り組みました。

技術実証では令和3年度実証の残課題に取り組むことで、港湾エリアに関する汎用的な電波伝搬モデルの導出ができました。令和3年度実証で課題が残った要因としては、港湾エリアに関しては電波伝搬要因が複合的に存在することが関係しています。大きく2点あります。

【残課題の要因】

- ・ 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

令和3年度実証と同様「補正值：S」と「補正值：K」の精緻化に取り組みましたが、コンテナヤード内に設置する基地局（アンテナ高）を2通りに分け、それぞれの方向性で測定、検証を行うことで複合要因を単一化できるという想定のもと実証を進めました。

課題実証では、3つのソリューションを用い、実課題の課題解決を目指しました。

1つ目は、「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」です。ローカル5Gの特長である、大容量、高セキュリティ、広範囲電波伝搬特性等を活用し、既存の業務ネットワークをローカル5Gに置き換えた場合に、どの程度の費用対効果があるのかを精緻に算定し、効果を収支と見立てた場合の収支計画を作成することで、令和3年度の残課題である、ローカル5G導入による精緻な収支計画を算定できなかった点を解消するとともに、実証後の全国の港湾事業者への普及展開提案を見据えた、定量的な評価を実施しました。また、コンテナターミナル内の変動要素の多い、複雑な環境下におけるローカル5Gの最適な置局設計モデルの構築についても検証を実施しました。

2つ目は、「プランニングデータの電子データ化によるコンテナターミナルの保管工程業務の効率化」です。1つ目と同様に、ローカル5Gの特長を活かし、外来船が積んでいるコンテナの蔵置データ等を作業進捗に合わせリアルタイムに更新することで想定される、業務効率化・生産性向上・作業安全性の向上について、検証します。1つ目の収支計画にも関わる部分ですが、更なるソリューションを開発することで、ローカル5G導入の費用対効果を高めることを目指しました。

3つ目は、「トレーラー待機場の混雑状況の可視化」です。こちらもローカル5Gの特長を活用し、コンテナターミナル周辺のトレーラー待機場の混雑状況をカメラにより、台数等の管理データを収集することで、数時間先の混雑状況を予測し結果を公開することで、どの程度の行動変容が起こるかを実測しました。

2. 実証環境の構築

2.1 対象周波数帯

本実証で使用したローカル 5G 周波数帯は、4.8–4.9GHz（100MHz 幅）です。

いわゆる Sub6 帯を選択した理由としては、本実証予定地が、大阪府大阪市此花区の人口島（夢洲）にある夢洲コンテナターミナル埠頭地（幅 1,350m×奥行 500m）及び、約 300m 離れた場所にあるトレーラー待機場であり、港湾特有の広範囲な業務エリアをカバーする必要があるため、空間中の伝搬による減衰が少なく、電波の回折等による広範囲なエリアカバーを期待したからです。この点に関しては、令和 3 年度と同様ですが、港湾の特殊環境における最適な置局設計についても検討を実施しました。

また、技術実証の観点では、補正值「K」及び「S」について、更なる精緻化に取り組むため令和 3 年度と同じ周波数帯を選択しました。

2.2 実施環境

本実証地である夢洲コンテナターミナル埠頭用地は、屋外・平地・水面が実証の対象環境です。昨年度（令和 3 年度）実証と同一の実証地となります。

令和 3 年度実証では、夢洲コンテナターミナル埠頭用地内に存在する管理等を活用し、基地局を設置しましたが、本実証では照明塔設備を活用し、11 基の基地局を設置（地上約 30m に設置）しました。広大な敷地を有するコンテナターミナル全域を移動しながら通信を行う各種の荷役機器（RTG、トップリフター、トレーラーなど）が存在し、また、作業ごとに刻々と高さを変化させるコンテナ群を考慮し、設計をする必要がありました。荷役機器の運転台での利用（地上から数十 m の高さ）、作業者が所持する端末での利用（地上での通信）それぞれを想定し、コンテナターミナル内全域でくまなく、十分な通信帯域を確保することを目標に構築を実施しました。

なお、夢洲コンテナターミナル埠頭用地から約 300m 離れた、トレーラー待機場の出入口には、それぞれ 2 台ずつ、計 4 台の HDTV カメラを設置し通信を同時に行いました。



注) 赤三角が基地局設置場所、8ヶ所:11 基地局

図 2.2-1 コンテナヤード内の基地局設置位置

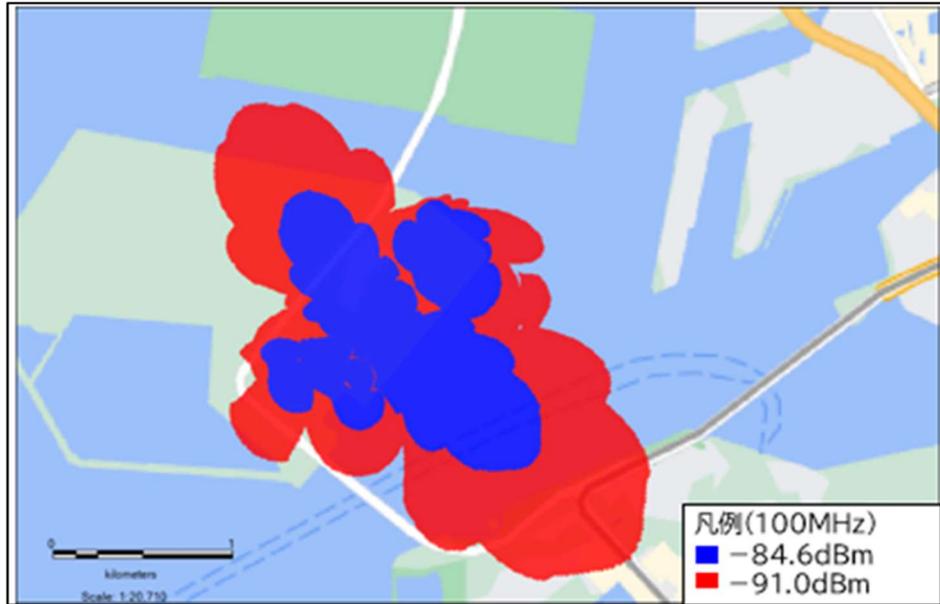


図 2.2-2 カバーエリア図

2.3 ネットワーク・システム構成

2.3.1 ローカル 5G システム

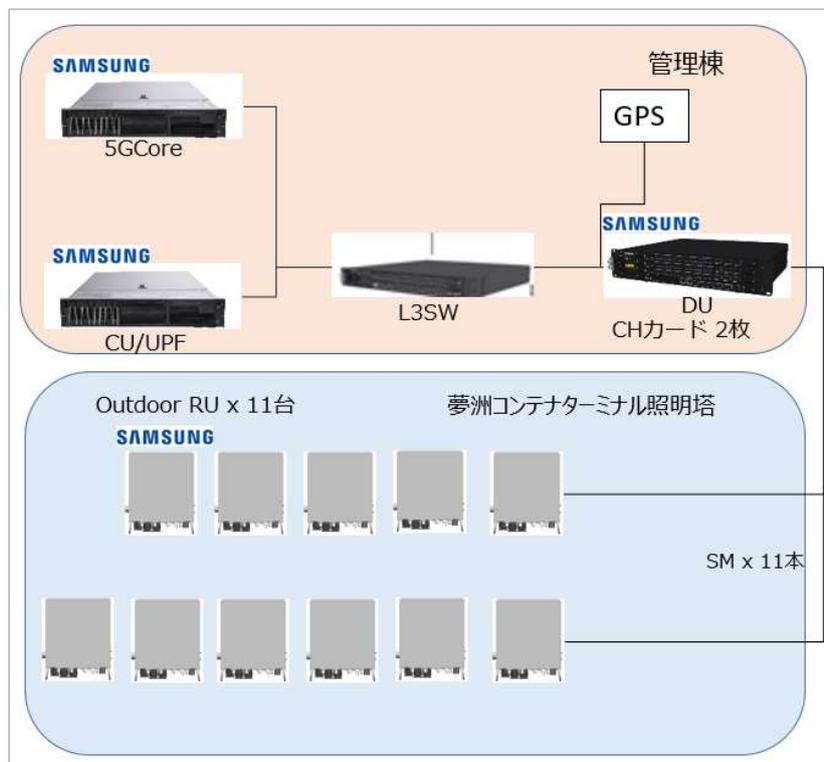
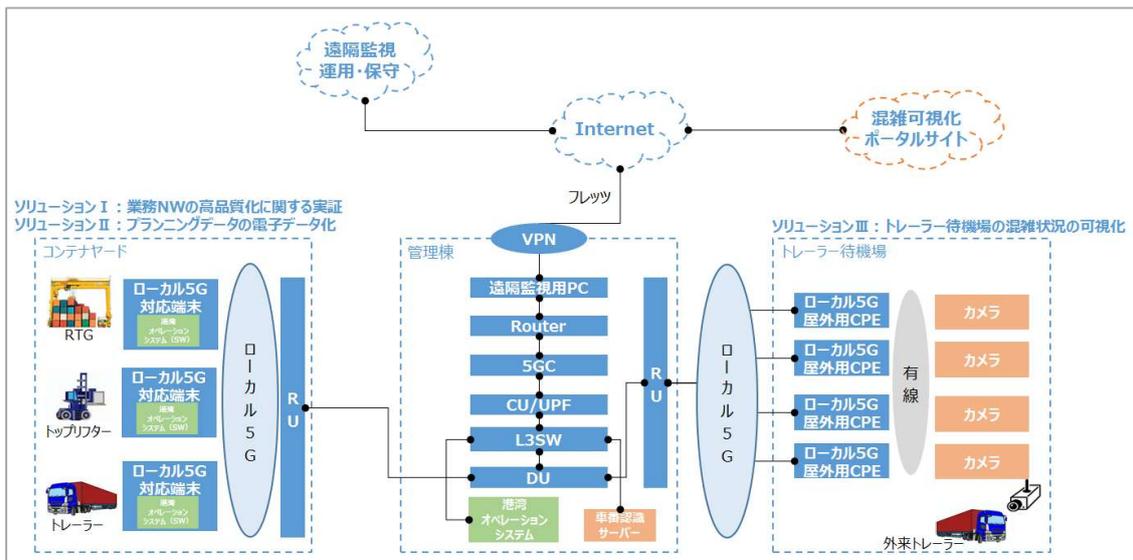


図 2.3-1 ローカル 5G ネットワークシステム図

表 2.3-1 ローカル 5G システム(基地局)の概要

製造ベンダー	Samsung
台数	11
設置場所 (屋内/屋外)	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 周波数	4.8~4.9GHz
DL 周波数	
UL 帯域幅	100MHz
DL 帯域幅	
UL 中心周波数	4849.98MHz
DL 中心周波数	
UL 変調方式	256QAM
DL 変調方式	
MIMO	4×4MIMO
UL セルスループット(同期 / 準同期)	220Mbps/440Mbps
DL セルスループット(同期 / 準同期)	1300Mbps/860Mbps

2.3.2 全体システム



青・緑・赤：業務 NW の高品質化に関する実証システム（ソリューション I で使用）
 緑：プランニングデータの電子システム（ソリューション II で使用）
 赤：トレーラー待機場の混雑可視化システム（ソリューション III で使用）

図 2.3-2 システム全体構成

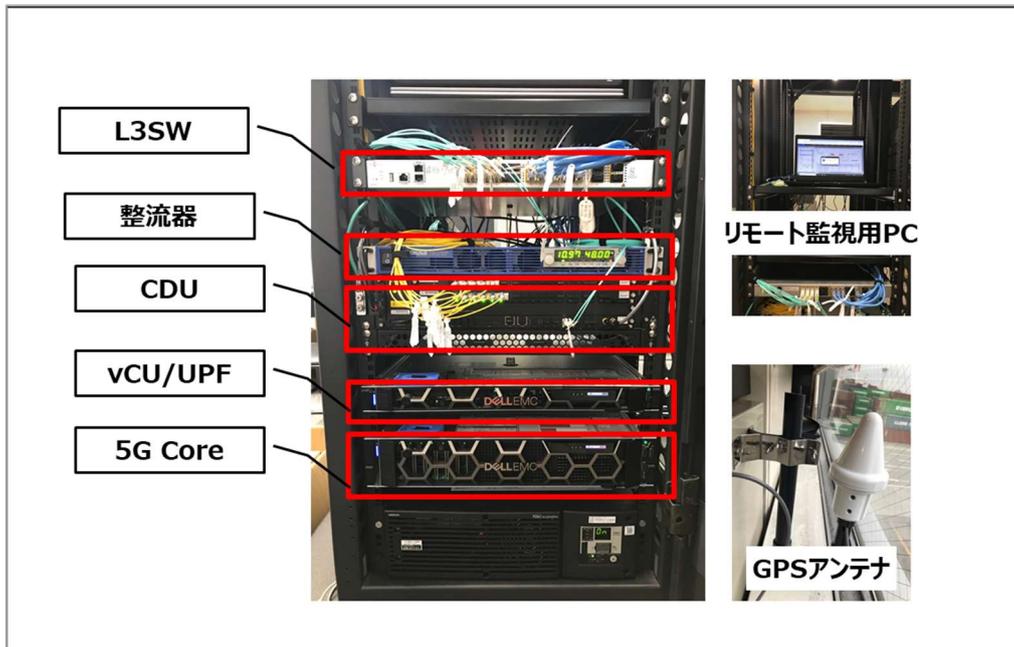


図 2.3-3 サーバラック内等構築設備

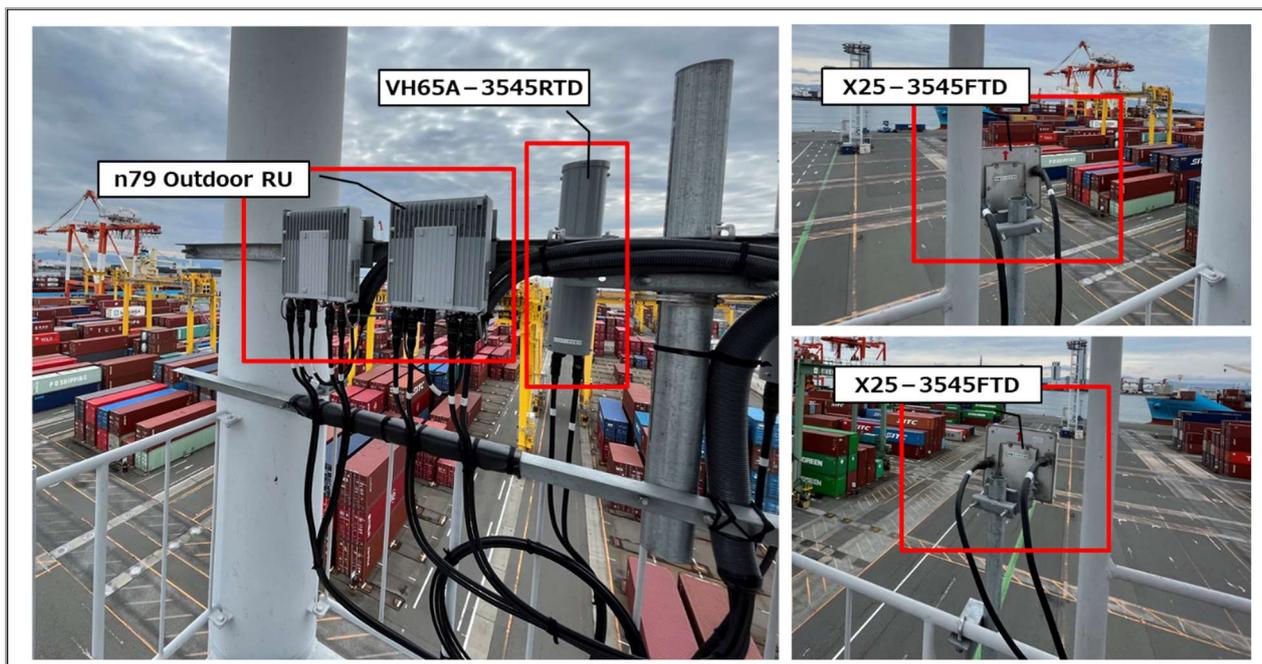


図 2.3-4 基地局構築設備(RU 及びアンテナ)

2.3.3 照明塔への基地局設置状況



図 2.3-5 照明塔 No1 の基地局



図 2.3-6 照明塔 No2 の基地局(1)



図 2.3-7 照明塔 No2 の基地局(2)

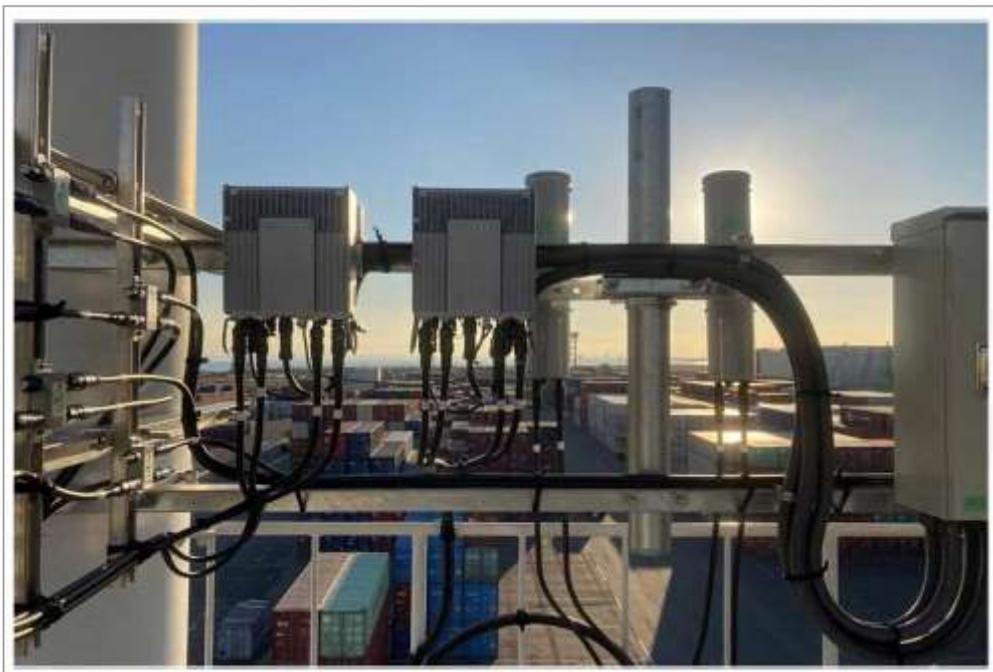


図 2.3-8 照明塔 No3 の基地局(1)

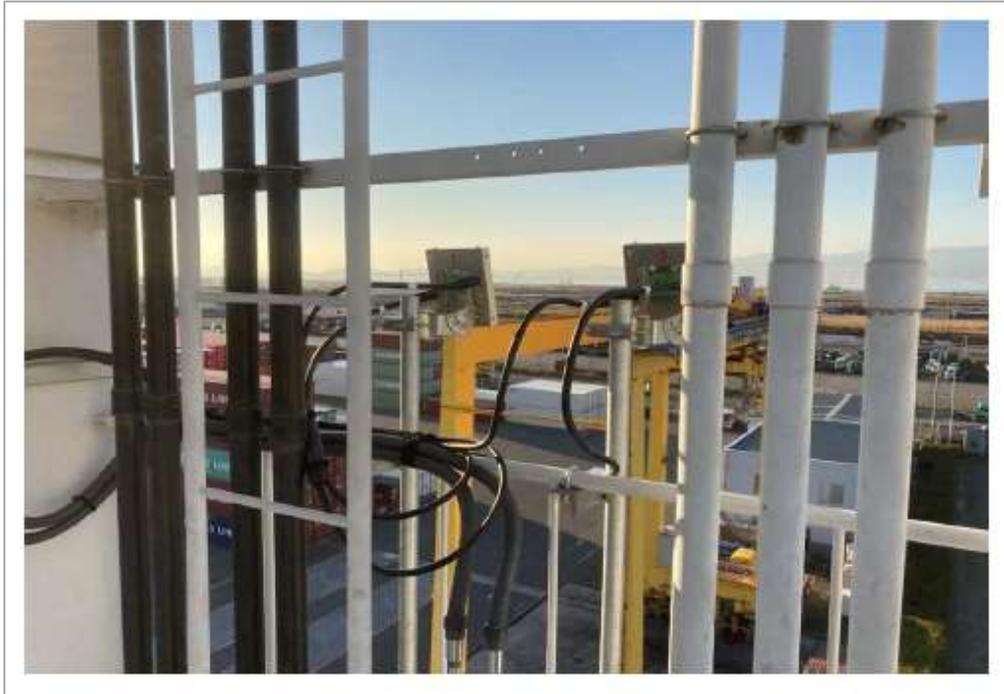


図 2.3-9 照明塔 No3 の基地局(2)



図 2.3-10 照明塔 No7 の基地局



図 2.3-11 照明塔 No8 の基地局



図 2.3-12 照明塔 No9 の基地局



図 2.3-13 照明塔 No10 の基地局



図 2.3-14 照明塔 No11 の基地局

2.3.4 ローカル 5G 対応端末の概要



機種名	5G ODU RTL0306
製造ベンダー	Askey
使用数	4+5 (令和3年度分を活用)
サイズ	72(H) x 119(W) x 23.5(D) mm
重量	約 228g



機種名	SD01
製造ベンダー	FCNT
使用数	5
サイズ	152(H) x 72(W) x 8.5(D) mm
重量	約 162g



機種名	5G ルーターRAKU+
製造ベンダー	APAL
使用数	5 (令和3年度分を流用)
サイズ	170(H) x 100(W) x 29(D) mm
重量	約 400g

図 2.3-15 ローカル 5G 対応端末の外観

2.4 システム機能・性能・要件

2.4.1 5GC の概要



図 2.4-1 5GC の外観

表 2.4-1 5GC の諸元

項目	諸元
製造ベンダー	DELL
機種	DELL PowerEdge R740
機能	AMF, SMF, PCRF, PCF, NRFAUSF, UDM, UDR
収容回線数	15,000/Core
RU 接続数	18 台/DU
サイズ	86.8 (H) × 434 (W) × 715.5 (D) mm
重量	33.1kg
電源	AC100~240V
最大消費電力	599W

2.4.2 CU/UPF の概要



図 2.4-2 CU/UPF の外観

表 2.4-2 CU/UPF の諸元

項目	諸元
製造ベンダー	DELL
機種	DELL PowerEdge R640
機能	CU, UPF
サイズ	42.8(H) x 482(W) x 808.5(D) mm
重量	21.9kg
電源	AC100～240V
最大消費電力	607W

2.4.3 レイヤ 3 スイッチの概要



図 2.4-3 レイヤ 3 スイッチの外観

表 2.4-3 レイヤ 3 スイッチの諸元

項目	諸元
製造ベンダー	Ubiquoss
機種	E7124
機能	PTP L3SW
サイズ	44(H) x 440(W) x 400(D) mm
重量	9.2kg
電源	AC100～240V
最大消費電力	180W

2.4.4 DU の概要



図 2.4-4 DU の外観

表 2.4-4 DU の諸元

項目	諸元
製造ベンダー	Samsung
機種	CDU50
機能	DU
サイズ	88(H) x434(W) x385(D) mm
重量	18kg
電源	DC-48V
最大消費電力	1210W

2.4.5 n79 Outdoor RU の概要



図 2.4-5 n79 Outdoor RU の外観

表 2.4-5 n79 Outdoor RU の諸元

項目	諸元
製造ベンダー	Samsung
機種	n79 Outdoor RU
機能	RU
サイズ	264(H) x221(W) x82.9(D) mm
重量	4.9kg
電源	AC100V
最大消費電力	101W

2.4.6 整流器の概要



図 2.4-6 整流器の外観

表 2.4-6 整流器の諸元

項目	諸元
製造ベンダー	菊水電子工業
機種	PWX1500ML
機能	直流電源供給
サイズ	44 (H) x 485 (W) x 580 (D) mm
重量	9.5kg
電源	AC100~240V
最大消費電力	2200VA

2.4.7 平面アンテナ (X25-3545FTD) の概要

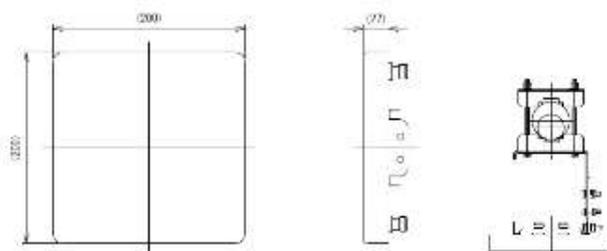


図 2.4-7 平面アンテナ(X25-3545FTD)の外観

表 2.4-7 平面アンテナ(X25-3545FTD)の諸元

項目	諸元
製造ベンダー	電気興業
機種	X25-3545FTD
機能	アンテナ
偏波面	±45° 偏波
利得	約 17dBi
垂直面内指向性 ビーム幅	約 20°
水平面内指向性 ビーム幅	約 20°
サイズ	200mm x 200mm x 27mm
重量	約 2kg

2.4.8 セクターアンテナ (VH65A-3545RTD) の概要

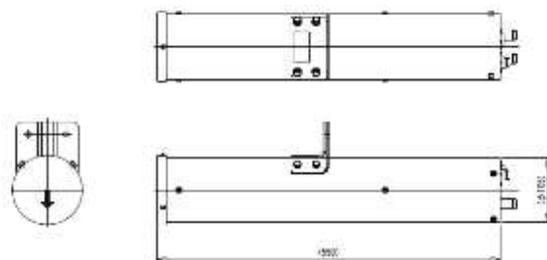


図 2.4-8 セクターアンテナ(VH65A-3545RTD)の外観

表 2.4-8 セクターアンテナ(VH65A-3545RTD)の諸元

項目	諸元
製造ベンダー	電気興業
機種	VH65A-3545RTD
機能	アンテナ
偏波面	垂直偏波、水平偏波
利得	初期チルト 17.5dBi 以上、可動時 17.0dBi 以上
垂直面内指向性 ビーム幅	6.5° ± 1°
水平面内指向性 ビーム幅	55° ± 10°
サイズ	φ105 x 550mm
重量	約 3.8kg

2.4.9 GPS アンテナの概要



図 2.4-9 GPS アンテナの外観

表 2.4-9 GPS アンテナの諸元

項目	諸元
製造ベンダー	Panasonic
機種	CCAH32ST04
機能	GPS アンテナ
利得	38dB 標準
サイズ	φ90 x 98.4mm
重量	約 200g

2.4.10 エリアテストの概要 ※技術実証で使用



図 2.4-10 エリアテストの外観

表 2.4-10 エリアテストの諸元

項目	諸元
製造ベンダー	PCTEL
機種	HBflex
測定周波数	4.7~4.9GHz
測定幅	100MHz
測定項目	RSRP
測定周期	33msec
アンテナパターン	オムニアンテナ
サイズ	111.5(H) x 165.1(W) x 255.3(D) mm
重量	3.3kg
電源	DC 17V

2.4.11 測定用 PC の概要 ※技術実証で使用



図 2.4-11 測定用 PC の外観

表 2.4-11 測定用 PC の諸元

項目	諸元
製造ベンダー	HP
機種	HP ProBook 650 G8
機能	iPerf、ping
サイズ	19.9(H) x 359.4(W) x 233.9(D) mm
重量	1.74kg
電池	リチウムイオン電池 (45Wh)
電源	AC100~240V

2.4.12 XCAL の概要 ※技術実証で使用



図 2.4-12 XCAL の外観

表 2.4-12 XCAL の諸元

項目	諸元
製造ベンダー	Accuver
機種	XCAL
機能	無線区間の情報取得 ※測定用 PC にインストールした XCAL のライセンス認証 USB キー
測定項目	RSRP UL MAC Throughput DL MAC Throughput UL MCS DL MCS UL RB DL RB
測定周期	33msec
サイズ	0.9(H) x 4.2(W) x 1.6(D) mm
重量	約 10g

2.4.13 GPS 測定器の概要 ※技術実証で使用



図 2.4-13 GPS 測定器の外観

表 2.4-13 GPS 測定器の諸元

項目	諸元
製造ベンダー	GARMIN
機種	eTrex 32xJ
機能	GPS 座標取得
サイズ	33(H) x 54(W) x 103(D) mm
重量	148g
電池	単三電池 x2 本

2.5 その他

2.5.1 実証システムの拡張性等

本実証で構築したローカル 5G システムについては、標準化に対して以下 3 点に準拠しています。今後の機能やシステムの拡張についても考慮した上でシステムの選定を行いました。

- ・ 3GPP Rel. 16 標準に準拠
- ・ Interoperability Testing 関連標準団体である NVIOT Forum の標準化試験に従っており、他社の RAN 及び Core 製品に連動可能
- ・ Fronthaul より下位については O-RAN 標準に準拠

2.5.2 実証システムの安全性確保のための対策

(1) 特定高度情報通信技術活用システム

本実証において導入を予定しているサムスン電子製ローカル 5G システムの基地局、コア設備等については、「開発供給計画認定（特定高度情報通信技術活用システムの開発供給及び導入の促進に関する法律（令和 2 年法律第 37 号）」を受けた実績はないですが、現在開発供給計画の認定に向け、経済産業省への相談を開始しています。調達にあたっては、「IT 調達に係る国の物品等または役務の調達方針及び調達手続に関する申合せ」（2018 年 12 月 10 日関係省庁申合せ）等に留意し、ローカル 5G 導入ガイドラインに記載のサプライチェーンリスク対応を含む十分なサイバーセキュリティ対策を講じました。

サムスン電子社による具体的な対策状況を以下に示します。

- ・ 米国国家情報保証パートナーシップ (NIAP) 製品準拠リスト (PCL) 及びカナダサイバーセキュリティセンターの認定製品リストに認定済です
- ・ セキュリティ評価基準である ISO15408 の認証取得を行い、サイバーセキュリティ対策を講じています
- ・ サプライチェーンリスク管理のため、購買統合システム (G-SRM) を構築し、供給網 (SCM)、情報共有、協力会社評価及び登録、リスク管理、遵法経営と勤労環境の統合管理、協力会社行動規範、自己評価チェックリスト共有し、リスク対応を講じています
- ・ RAN 装置は国際標準認証である CC(Common Criteria) 認証を通過しています
- ・ Core 装置は国際標準認証である CC(Common Criteria) 認証はありませんが、脆弱性対策（不要ポート・サービスの停止、アクセス制限、ログ管理）を行い、OAM プロトコルについては暗号化アルゴリズムやネットワークプロトコルは産業標準を使用（SSH2, SSL, SCP, SFTP, AES, RSA, IPSEC, FIPS140-2）、プレーンテキストのプロトコル通信は代替プロトコルとして暗号方式 (sshv2, https, sfpt 等) を利用しています。
- ・ 事前検証: 本実証において導入を予定しているサムスン電子製ローカル 5G システムの基地局、コア設備については、実証開始前に京セラコミュニケーションシステム株式会社の運用するラボ環境において、同一型式の装置 (RU) を用いて、環境要因を極力排除し

た良好な電波環境下における機器固有の性能を確認しました。

(2) その他の実証システム

本実証において使用したローカル 5G 基地局システムは全てオンプレミスに構築しているため、外部からのアクセスができないよう対策されております。また、機器の状態を管理する遠隔監視システムについては VPN (Virtual Private Network) 接続を用い、更に接続できるアカウントをコア側で指定することで十分なサイバーセキュリティ対策を実施しました。

3. 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）

3.1 実証概要

本章では、ローカル 5G の電波伝搬特性に関する技術的検討（技術実証）に関する成果報告を行います。

夢洲コンテナターミナルは広大な敷地である一方で、業務を実施する上で必要となる通信は多岐に渡り、常時安定した大容量の無線通信が求められます。

昨年度からコンテナヤード全体をくまなくエリアカバーするという観点で Sub6 帯を用いた実証を行ってきました。図 3.1-1 に示すように、管理棟に基地局装置を設置した場合、コンテナに対して垂直方向に近い形で電波を放出することになるため反射物としてコンテナ影響が大きいことが判明しております。本年の実証ではコンテナの列に帯して並行方向に電波発出を行い、安定的なエリア構築を目指しました。

また、クレーン上や作業所持用等ローカル 5G システムに接続する端末数も多数になると想定されることから端末分散を目的として 11 台のアンテナ装置を用いたシステム構築を実施しております。ローカル 5G システムに求められる要件としても以下の 3 点に着目し、サムスン社の装置を選定致しました。

- ① 屋外用アンテナ装置を所持しており、且つ指向性アンテナでエリア設計が可能である
- ② 準同期 TDD1 を採用しており、安定的なスループットの実現がラボにて確認できている
- ③ 本実証のスケジュールに合った納品が可能である



図 3.1-1 基地局構築の方向性

また、本検討では港湾エリアに対する電波伝搬モデルの精緻化を行いました。

従来のエリア算出法では、環境補正值として「市街地」、「郊外地」そして「開放地」という大

まかな 3つの区分に分けられております。港湾エリアについては、干渉調整区域内に「市街地」、「郊外地」、「開放地」が入り混じる特徴的な環境であることから、港湾エリアのモデル化が必要であると考えています。

従来モデルの地形影響パラメータとしては、「山岳」、「水面」そして「傾斜地形」等のパラメータが定められております。夢洲エリアに関しては、海面に囲まれた環境であり、補正值「K」についても精緻化を実施致しました。

なお、実証地は屋外であり建物侵入損は考えられないことから、補正值「R」に関しては今回の実証では検討しないことと致しました。

上述の精緻化対象に加えて、昨年度の実証残存課題である以下の点に取り組むことで、他港湾でも汎用的に使用できる精緻化を目指して実証を行いました。

〈昨年度実証の残存課題〉

- ・ 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

3.2 実証環境

大阪府大阪市此花区の夢洲にある夢洲コンテナターミナル埠頭用地をローカル 5G エリアとして選定しました。幅 1,350m、奥行 500m (67.5ha) を有する埠頭用地には、数多のコンテナ、それらを荷役する機器 (RTG、ガントリークレーン、トプリフター等) 及び、トレーラーの出入口であるコンテナターミナルゲートなどの施設が存在します。

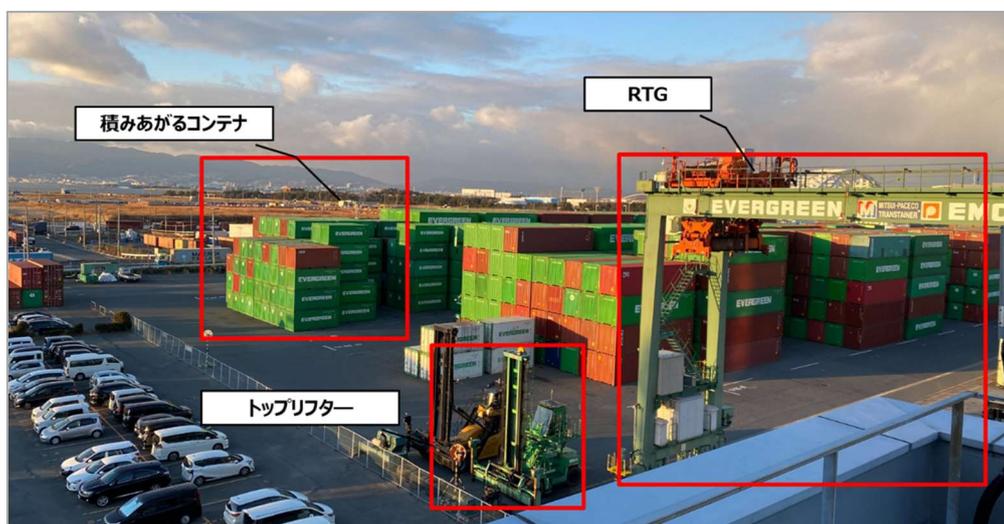


図 3.2-1 コンテナターミナル内の様子

前述の通り、今回設置した基地局は 11 台ですが、技術実証対象では 2 台の基地局を対象としてサンプルの取得を行いました。全体の基地局構成と技術実証対象の基地局を以下の図 3.2-2 に示します。また、図 3.2-2 に記載の通り、縦の列 (以下：バース) を C-10~C-12 と分け、横の行 (以下：レーン) をアルファベット A~H で分類しております。C-11 バースについては辰巳商会様の業務地であり、トラックやクレーンの往来危険性が高いことも鑑み、必要最低限の測定を行

うに留めました。基本的な実証地としては C-12 バースとしております。また、図 3.2-2 右下と左下の黄枠内は空コンテナが積み上がるエリア（以下、空コンエリア）となっており、枠内につ



いても測定を実施しています。

また、海面を挟んだ環境についてはコスモスクエア駅周辺のポイントを選定しました。

図 3.2-2 コンテナターミナル内基地局設置図

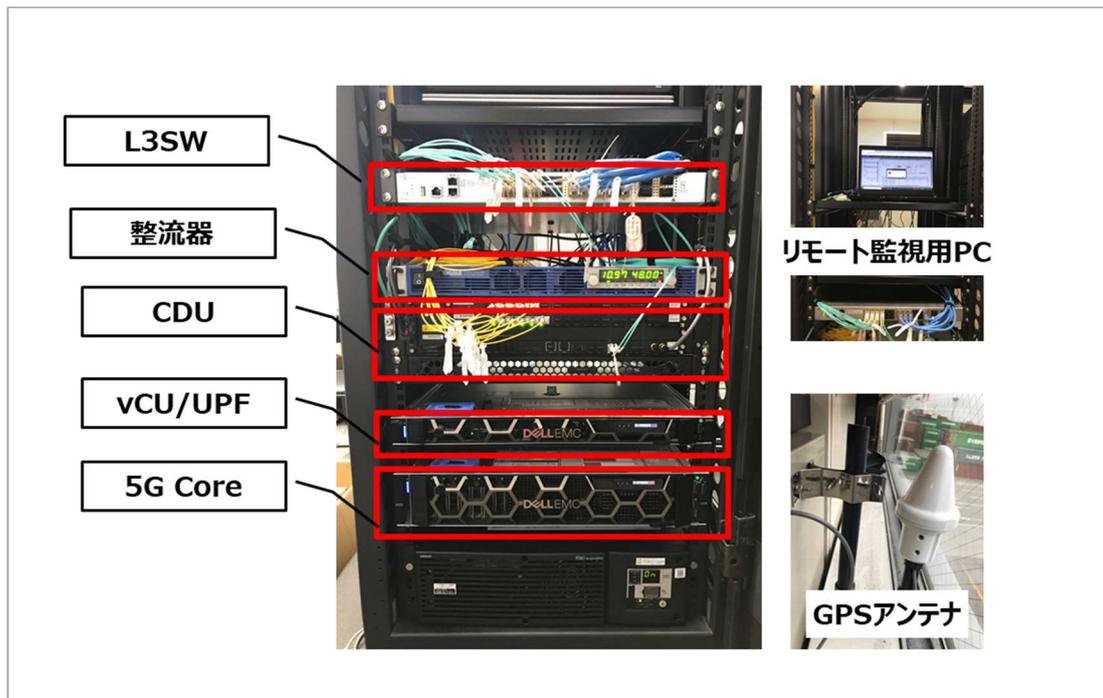


図 3.2-3 サーバラック内機器設置図

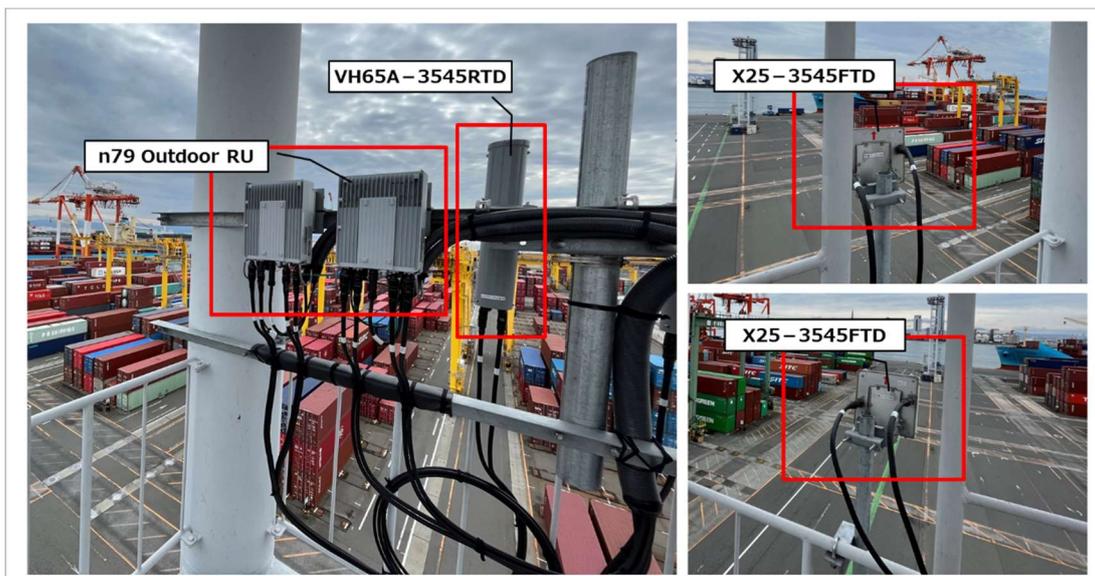


図 3.2-4 照明塔上 基地局装置設置図



図 3.2-5 基地局装置からの見通し状況

3.3 実施事項

3.3.1 電波伝搬モデルの精緻化

(1) 実証の目的・目標

1) 背景となる技術的課題と実証目的

実証地（夢洲コンテナターミナル埠頭用地）は、約 1,350m×500m という広大な敷地である一方で、コンテナの積み上げや、クレーン等様々な電波伝搬の妨害物が存在する環境です。ターミナル周囲に関しても、四方を海で囲まれているという点、万博予定地は現在更地であり解放地と考えることができる地域が近隣にある点など、電波伝搬に関係する要素が複数存在しています。昨年度の実証の中でも、アンテナからの電波発出方向によって受信電力のばらつきは顕著に表れていました。

港湾エリアの中に複合している伝搬特性を要素化し、汎用性のある電波伝搬モデルを作りあげることが本実証の目的です。

2) 実証目標

ローカル 5G の周波数帯を 4.8～9GHz 帯として、補正值「K」、「S」の精緻化に取り組みました。補正值「K」に関しては、基地局設置場所が屋外であること、基地局と測定点の距離が 100 m 以上確保できること、水面等地形情報データにより算入し難い影響が存在していることから精緻化対象です。

補正值「S」に関しても基地局設置位置が屋外であること、基地局と測定点の距離が 100 m 以上確保できることから精緻化対象であると考えております。

3) 過年度技術実証からの発展性・新規性

令和 3 年度ローカル 5G 開発実証でも夢洲コンテナターミナル埠頭用地において、電波伝搬モデルの精緻化を実施しました。対象とする補正值は「K」と「S」であり、その結果を以下の表に示します。

表 3.3-1 昨年度考察した各精緻化値

精緻化対象パラメータ	精緻化値 (dB)
「K:Sub6 帯」	8.09
「S:Sub6 帯」	56.24
コンテナ等による減衰	13

昨年度結果の残存課題として以下の 2 点があります。

- ・ 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

本実証では上述の課題を解決するために、海面比率を変動させた場合の影響を把握することや妨害物との距離と減衰電力量の関係性を把握することを軸に実証を行いました。

昨年度実証からは基地局の位置・高さを変更することにより、汎用的に用いることができる補正值の算出を目指します。コンテナヤード内の照明塔に設置する基地局アンテナの高さを 17m 地点、24.5m 地点としました。これにより、以下のポイントが昨年度実証から発展させることが可能と想定しました。

- ・ 24.5m 地点検証：妨害物割合を変動させることで電波伝搬特性を把握します。設置位置である照明塔からの見通しで妨害物までの距離・遮蔽割合を変動させました。
- ・ 17m 地点検証：コンテナの遮蔽がない状態での海面影響を把握します。
- ・ 測定地点までの見通し海面以外の電波伝搬要因を限りなく除外する形で検証を行いました。

昨年度の結果をより発展させ、汎用性のある港湾電波伝搬モデルの検討を実施しています。

(2) 実証仮説

本実証では 4.8GHz～4.9GHz 帯の補正值「K：Sub6 帯」「S：Sub6 帯」を対象として実証しています。以下 2 つの仮説を立てた上で精緻化を行いました。

仮説①：コンテナヤード内の環境パラメータは都市部と郊外の間程度に位置する

仮説②：海面割合が変動した場合でも補正值は同一と考えることができる

仮説①については「S：Sub6 帯」の精緻化を対象としています。夢洲コンテナターミナル埠頭用地では、コンテナが積み上げられた環境下で、作業者が地上で作業するため、大半のカバーエリアが、基地局からの見通しが無いエリアとなっています。そのため、コンテナターミナルの環境は、ビルに囲まれた都市部相当に該当すると想定しました。そのため、夢洲コンテナターミナル埠頭用地における補正值「S：Sub6 帯」の仮設値として、 $S=6$ としました。6dB の想定としては、コンテナの積載率が、50%を下回った際に、基地局とのフレネルゾーンの遮蔽が 50%未満となるため、6dB 程度の受信レベルの改善が見込めると考えたためです。

一方、コンテナターミナルは、日々コンテナの積み降ろしの業務が行われており、コンテナの高さが常に同じ状況にはありません。この状況は、電波に対しても影響を与え、カバーエリア及び干渉調整区域が拡大縮小すると考えられます。状況変動確認のために同一の地点で日を分けて状況確認を行い、1 回目測定時と見通し環境が大きく状況が変わっている場合は再度測定を実施しています。

また、積み上がるコンテナについては、以下のステップで変動するため、測定時の状況とともに分析を実施しています。

<サイズ (メートル) (H×B×L) >

- ・ 20ft : 2.591 × 2.438 × 6.058
- ・ 40ft : 2.591 × 2.438 × 12.192

<ステップ>

- ・ 上方向：5 段
- ・ 水平方向：4 列

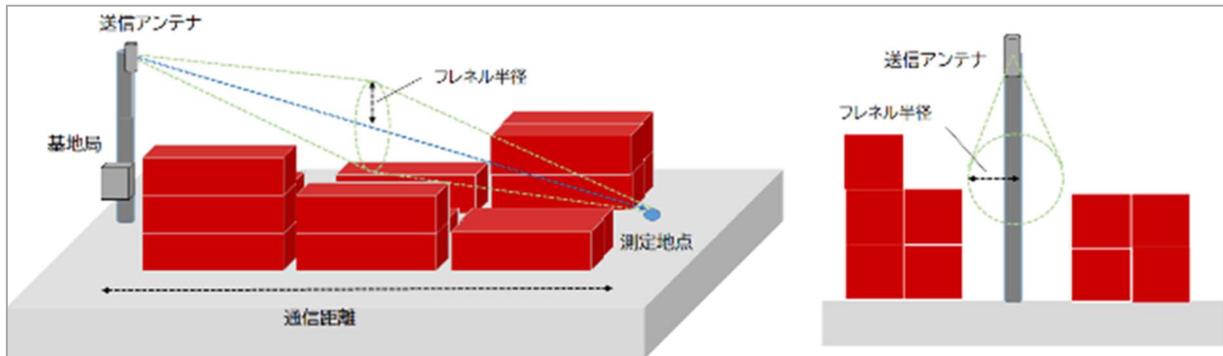


図 3.3-1 フレネルゾーンの考え方(LoS 環境)

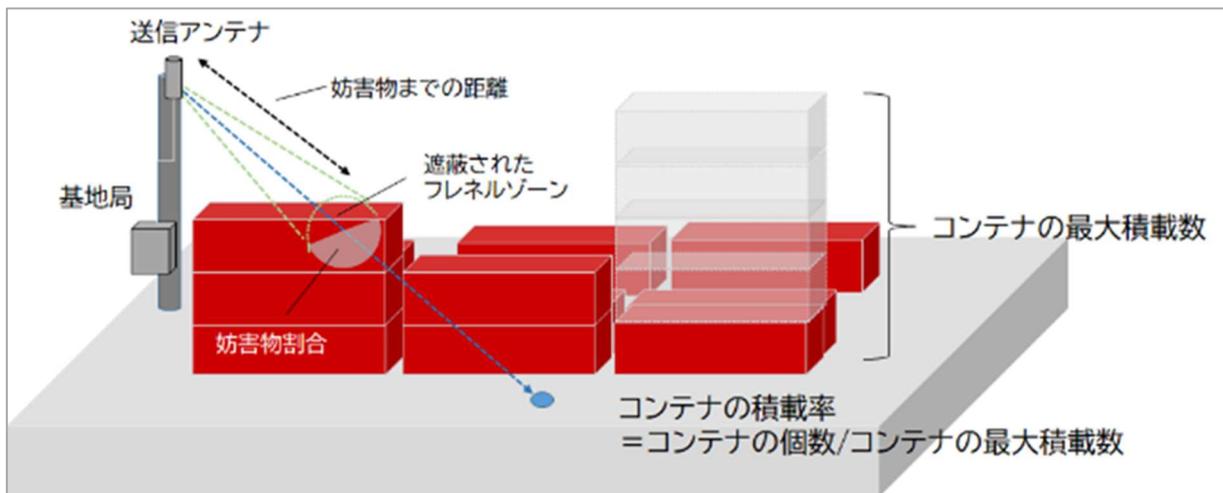


図 3.3-2 フレネルゾーンの考え方(NLoS 環境)

仮説②については「K:Sub6 帯」の精緻化を対象としております。昨年度の技術実証で追加検証の必要性を報告した海面比率を変更させた地点での測定を実施しました。昨年度の結果を踏まえて、基地局の ANT 高、角度を抑え、周辺のコンテナ同等の高さとして、飛来を十分に抑えた対策を施した状態で、昨年度の技術実証結果をもとに想定した、カバーエリア及び干渉調整区域端にて測定を行いました。また、海面比率を変更させたパターンとして 4 パターンの測定を行いました。「海面割合 (%) = 海面距離 ÷ 基地局から測定箇所の距離」として算出しています。

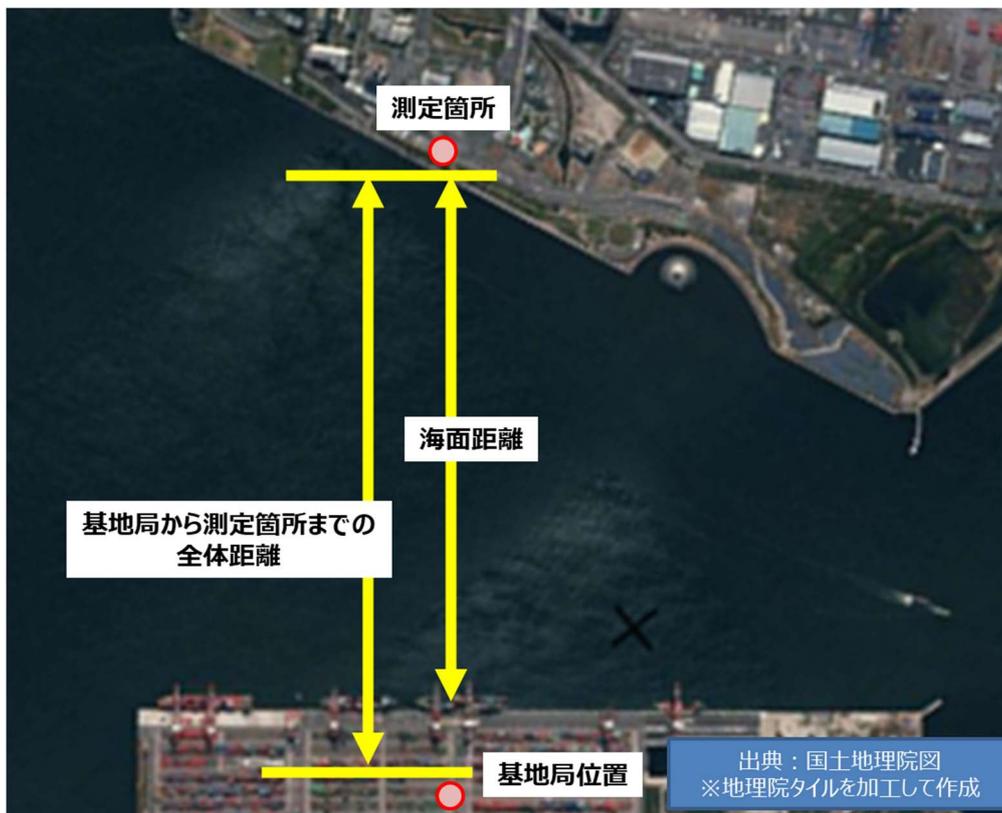


図 3.3-3 海面割合の考え方

また、エリア図作成にあたって従来の算出法による補正值と、仮説値を以下の表に示します。

表 3.3-2 エリア図作成に関する補正值

エリア図	精緻化対象値	補正值「S」(dB)	補正值「K」(dB)
①	「S:Sub6 帯」	0.0	0.0
②	「S:Sub6 帯」	6.0	0.0
③	「K:Sub6 帯」	0.0	0.0
④	「K:Sub6 帯」	43.24(56.24-13)	8.09

上述の補正值を設定して作図したエリア図を以下に示します。



図 3.3-4 エリア図①:「補正值:S」に対する精緻化対象基地局想定エリア図



図 3.3-5 エリア図②:「補正值:S」に対する精緻化対象基地局仮説想定エリア図



図 3.3-6 エリア図③:「補正值:K」に対する精緻化対象基地局想定エリア図



図 3.3-7 エリア図④:「補正值:K」に対する精緻化対象基地局仮説想定エリア図



図 3.3-8 精緻化対象基地局の指向性とアンテナ情報

(3) 評価・検証項目

夢洲コンテナターミナル埠頭用地内照明塔に設置した2つのローカル5G基地局から電波を発出し、ポイントにて測定を行いました。今回技術実証の対象となったのは以下の図に示す2局でした。「補正值：S」の精緻化対象としては海面の影響を受けない基地局を選定しました。一方で「補正值：K」の精緻化対象基地局については海面割合を変更して測定可能である基地局を選定しました。

測定地点については、従来の算出法で想定されるエリアと、前述の仮説値を考慮した際に想定されるエリアの合計68ポイントで測定を実施しています。

また、評価項目については受信電力を中心として、電波品質についても同時に測定し、電波強度値の整合性を判断する材料としました。昨年度の実証でも4.9～5.0GHz帯Wi-Fiとの干渉と思われる事象が散見されていたことから電波品質についても参考値としました。

<評価項目>

- ・ 受信電力 (RSRP [dBm])
- ・ 電波品質 (SINR [dB])

(4) 評価・検証方法

算出法エリア端と仮説エリア端合わせて合計68ポイントにて測定を実施しました。各測定地点については以下の図 3.3-9～図 3.3-12 に示します。



図 3.3-9 エリア図①に対する測定地点



図 3.3-10 エリア図②に対する測定地点

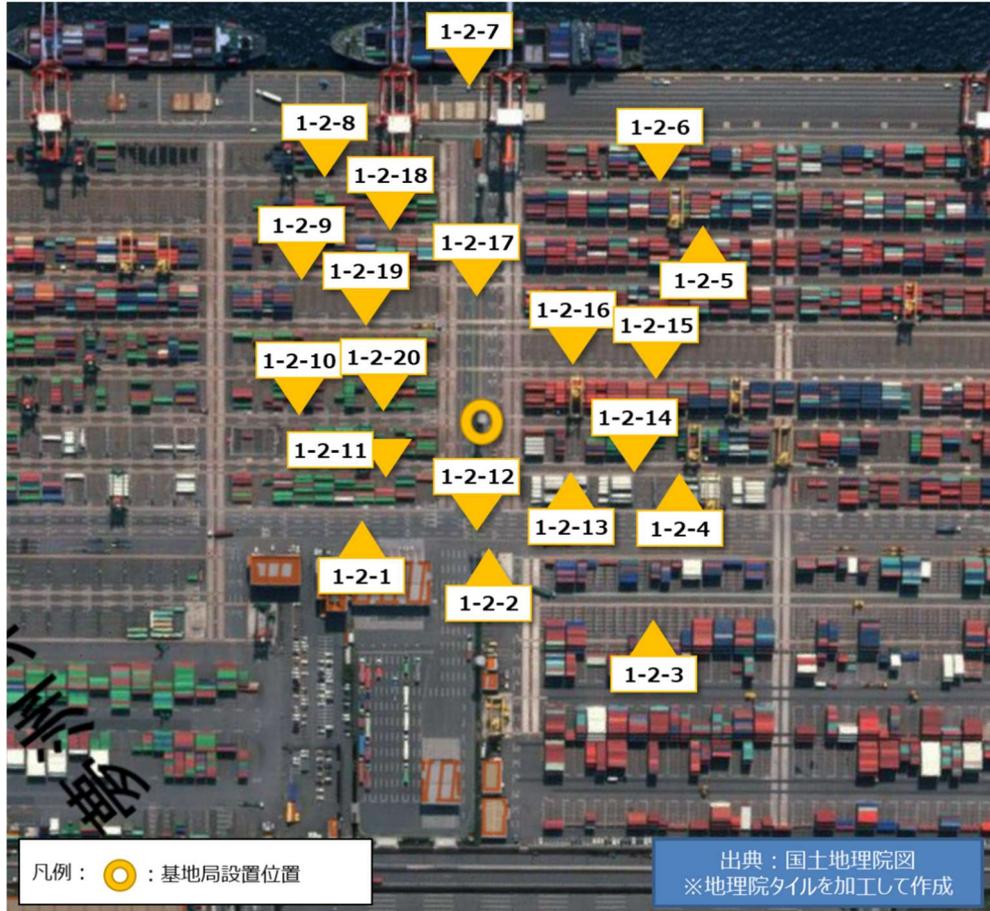


図 3.3-11 エリア図③に対する測定地点

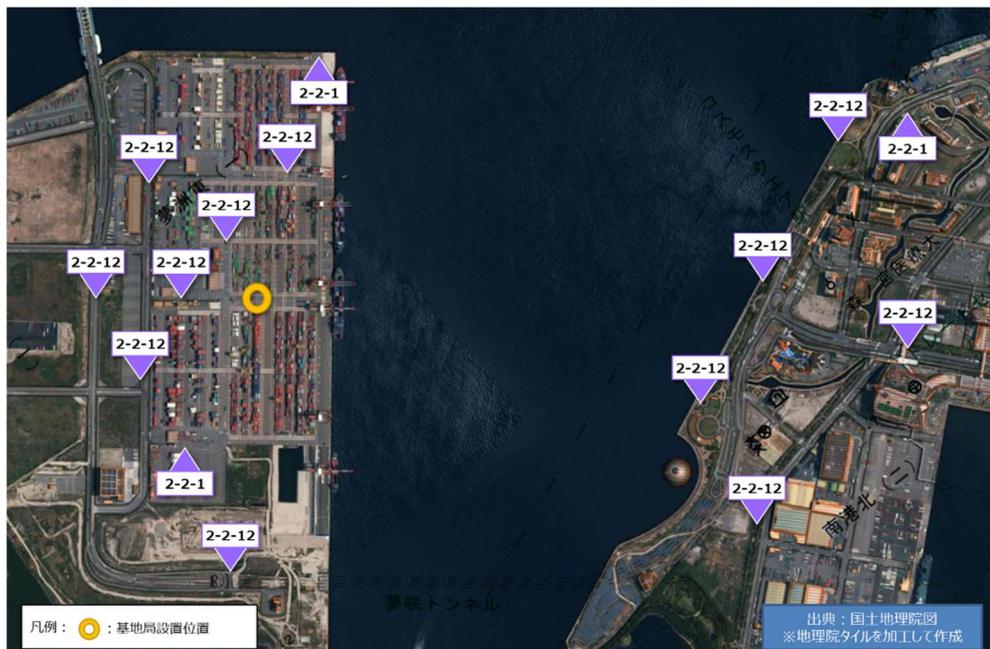


図 3.3-12 エリア図④に対する測定地点

表 3.3-3 各測定地点パラメータ(エリア図①、エリア図②)

測定点ID	基地局との 3D距離 [m]	基地局との 水平距離 [m]	基地局アンテナ 地点標高 [m]	基地局アンテナ 地上高 [m]	送信電力 Pt [dBm]	送信アンテナ利 得 Gt [dBi]	基地局 給電線損失 Lf[dB]	測定点 標高 [m]	端末(測定器) アンテナ地上高 [m]	LOS (0:LOS 1:NLOS)
1-1-1	93.0	90.1	7.1	24.5	40.0	(23.0)	2.0	7.1	1.5	0
1-1-2	90.4	87.4	7.1	24.5	40.0	(19.1)	2.0	7.1	1.5	0
1-1-3	179.2	177.7	7.1	24.5	40.0	11.2	2.0	7.1	1.5	1
1-1-4	279.8	278.8	7.1	24.5	40.0	11.4	2.0	7.1	1.5	1
1-1-5	378.7	378.0	7.1	24.5	40.0	11.5	2.0	7.1	1.5	0
1-1-6	309.4	308.5	7.1	24.5	40.0	5.3	2.0	7.1	1.5	1
1-1-7	227.8	226.7	7.1	24.5	40.0	(0.4)	2.0	7.1	1.5	1
1-1-8	106.4	103.9	7.1	24.5	40.0	(21.7)	2.0	7.1	1.5	0
1-1-9	64.0	59.7	7.1	24.5	40.0	(50.8)	2.0	7.1	1.5	0
1-1-10	99.1	96.4	7.1	24.5	40.0	9.0	2.0	7.1	1.5	1
1-1-11	202.0	200.7	7.1	24.5	40.0	13.9	2.0	7.1	1.5	0
1-1-12	258.9	257.9	7.1	24.5	40.0	13.5	2.0	7.1	1.5	0
1-1-13	220.7	219.5	7.1	24.5	40.0	11.5	2.0	7.1	1.5	1
1-1-14	140.4	138.5	7.1	24.5	40.0	4.4	2.0	7.1	1.5	1
1-1-15	51.6	46.2	7.1	24.5	40.0	(38.8)	2.0	7.1	1.5	0
1-1-16	64.5	60.2	7.1	24.5	40.0	(38.9)	2.0	7.1	1.5	0
2-1-1	108.5	106.0	7.1	24.5	40.0	16.0	2.0	7.1	1.5	0
2-1-2	127.6	125.5	7.1	24.5	40.0	(16.7)	2.0	7.1	1.5	0
2-1-3	267.1	266.1	7.1	24.5	40.0	6.6	2.0	7.1	1.5	1
2-1-4	364.7	364.0	7.1	24.5	40.0	10.4	2.0	7.1	1.5	1
2-1-5	502.5	502.0	7.1	24.5	40.0	8.7	2.0	7.1	1.5	0
2-1-6	406.4	405.7	7.1	24.5	40.0	5.9	2.0	7.1	1.5	1
2-1-7	259.4	258.4	7.1	24.5	40.0	3.9	2.0	7.1	1.5	1
2-1-8	137.4	135.4	7.1	24.5	40.0	(18.0)	2.0	7.1	1.5	0
2-1-9	69.6	65.7	7.1	24.5	40.0	(48.0)	2.0	7.1	1.5	0
2-1-10	66.2	62.0	7.1	24.5	40.0	(50.5)	2.0	7.1	1.5	1
2-1-11	130.9	128.9	7.1	24.5	40.0	10.9	2.0	7.1	1.5	0
2-1-12	237.6	236.4	7.1	24.5	40.0	13.4	2.0	7.1	1.5	0
2-1-13	303.8	303.0	7.1	24.5	40.0	13.5	2.0	7.1	1.5	0
2-1-14	312.8	311.9	7.1	24.5	40.0	8.8	2.0	7.1	1.5	1
2-1-15	161.2	159.5	7.1	24.5	40.0	9.4	2.0	7.1	1.5	1
2-1-16	77.0	73.5	7.1	24.5	40.0	(31.4)	2.0	7.1	1.5	0

表 3.3-4 各測定地点パラメータ(エリア図③、エリア図④)

測定点ID	基地局との 3D距離 [m]	基地局との 水平距離 [m]	基地局アンテナ 地点標高 [m]	基地局アンテナ 地上高 [m]	送信電力 Pt [dBm]	送信アンテナ利 得 Gt [dBi]	基地局 給電線損失 Lf[dB]	測定点 標高 [m]	端末(測定器) アンテナ地上高 [m]	LOS (0:LOS 1:NLOS)
1-2-1	103.3	102.1	7.1	17.0	40.0	(24.2)	8.0	7.1	1.5	1
1-2-2	87.1	85.7	7.1	17.0	40.0	(27.8)	8.0	7.1	1.5	0
1-2-3	148.7	147.9	7.1	17.0	40.0	(26.5)	8.0	7.1	1.5	0
1-2-4	124.6	123.7	7.1	17.0	40.0	(13.9)	8.0	7.1	1.5	0
1-2-5	185.1	184.5	7.1	17.0	40.0	(11.7)	8.0	7.1	1.5	1
1-2-6	182.6	181.9	7.1	17.0	40.0	(10.8)	8.0	7.1	1.5	1
1-2-7	214.6	214.0	7.1	17.0	40.0	7.6	8.0	7.1	1.5	0
1-2-8	184.0	183.3	7.1	17.0	40.0	(9.5)	8.0	7.1	1.5	1
1-2-9	139.3	138.5	7.1	17.0	40.0	(11.9)	8.0	7.1	1.5	1
1-2-10	111.7	110.6	7.1	17.0	40.0	(25.6)	8.0	7.1	1.5	0
1-2-11	59.4	57.4	7.1	17.0	40.0	(23.9)	8.0	7.1	1.5	1
1-2-12	57.0	54.9	7.1	17.0	40.0	(30.3)	8.0	7.1	1.5	0
1-2-13	58.0	55.8	7.1	17.0	40.0	(25.6)	8.0	7.1	1.5	0
1-2-14	86.6	85.2	7.1	17.0	40.0	(12.6)	8.0	7.1	1.5	0
1-2-15	113.3	112.2	7.1	17.0	40.0	(11.6)	8.0	7.1	1.5	1
1-2-16	80.1	78.6	7.1	17.0	40.0	0.1	8.0	7.1	1.5	1
1-2-17	104.5	103.3	7.1	17.0	40.0	13.4	8.0	7.1	1.5	0
1-2-18	132.0	131.1	7.1	17.0	40.0	(3.1)	8.0	7.1	1.5	0
1-2-19	88.1	86.7	7.1	17.0	40.0	(10.9)	8.0	7.1	1.5	1
1-2-20	77.5	76.0	7.1	17.0	40.0	(21.9)	8.0	7.1	1.5	0
2-2-1	706.8	706.6	7.1	17.0	40.0	(23.7)	8.0	7.1	1.5	1
2-2-2	438.6	438.3	7.1	17.0	40.0	(30.9)	8.0	7.1	1.5	1
2-2-3	422.4	422.2	7.1	17.0	40.0	(38.5)	8.0	7.1	1.5	0
2-2-4	390.6	390.3	7.1	17.0	40.0	(30.7)	8.0	7.1	1.5	1
2-2-5	752.6	752.4	7.1	17.0	40.0	(24.0)	8.0	7.1	1.5	0
2-2-6	1535.7	1535.6	7.1	17.0	40.0	(6.9)	8.0	5.2	1.5	0
2-2-7	2448.3	2448.2	7.1	17.0	40.0	4.6	8.0	5.9	1.5	1
2-2-8	1952.5	1952.4	7.1	17.0	40.0	(29.2)	8.0	5.4	1.5	1
2-2-9	367.1	366.7	7.1	17.0	40.0	(19.6)	8.0	4.2	1.5	1
2-2-10	181.2	180.8	7.1	17.0	40.0	(27.8)	8.0	10.0	1.5	0
2-2-11	217.4	217.1	7.1	17.0	40.0	(36.6)	8.0	10.0	1.5	0
2-2-12	265.4	265.1	7.1	17.0	40.0	(32.5)	8.0	10.0	1.5	1
2-2-13	580.8	580.6	7.1	17.0	40.0	(31.6)	8.0	10.0	1.5	1
2-2-14	1260.34	1260.2	7.1	17.0	40.0	3.6	8.0	4.1	1.5	0
2-2-15	1394.22	1394.1	7.1	17.0	40.0	2.9	8.0	4.1	1.5	0
2-2-16	1686.20	1686.1	7.1	17.0	40.0	(15.8)	8.0	4.1	1.5	0

従来のエリア算出法に基づいた電波伝搬損失値と、送信電力値との差分による予想受信電波電力値を算出しました。更に、測定ポイントの計測値との比較を実施しました。適切な算出値を求めるにあたり、結果に対し中央値、 σ 、上位 10%値、下位 10%値を算出し、測定地点でのばらつきについても考慮しています。

GPS の情報と受信電力サンプル値の妥当性については、昨年度実証での考え方を踏襲する形で測定しております。

<GPS 情報の取得>

以下 4 点に留意して測定することにより、 $\pm 2\text{m}$ 以内の誤差に収める。

- ・ 衛星を 4 機以上受信する
- ・ 衛星からの電波を直接受信する
- ・ 受信機の時刻設定を正確に保つ

<測定データ（サンプル取得）>

以下の 2 点を指標として確認する。

- ・ 測定ごとのサンプルデータに乖離がないか ($\pm 20\text{dBm}$ 以下に収まっているか)
- ・ 同時に取得する SINR のノイズ比に異常値が見られないか (± 5 以下に収まっているか)

今回の測定では受信限界点相当までの測定が必要なため、SINR に関しては -13dB 以上を有効な値として採用しました。

なお、測定については以下の図に示すように「PCTEL 社 HBflex」を用いてサンプルの取得を実施しました。測定器アンテナの高さは地上高 1.5m に固定しております。定在波の影響を避けるため、測定は 10 λ の範囲で移行しながら 1 測定 ID あたり 5 ポイントでサンプル取得を行っています。(図 3.3.1-14 : 33ms 周期にて合計 1000 サンプル取得)

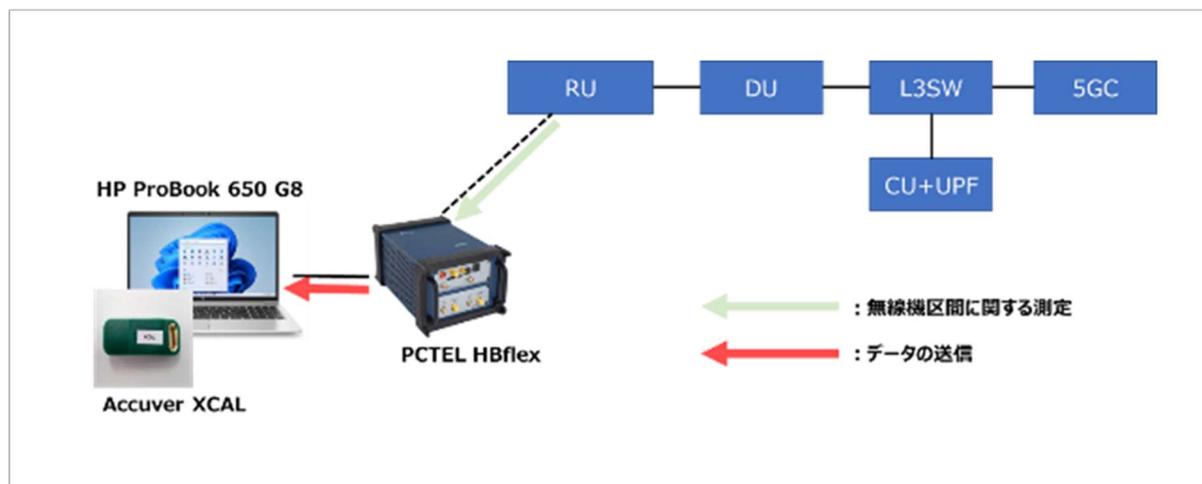


図 3.3-13 測定の機器構成

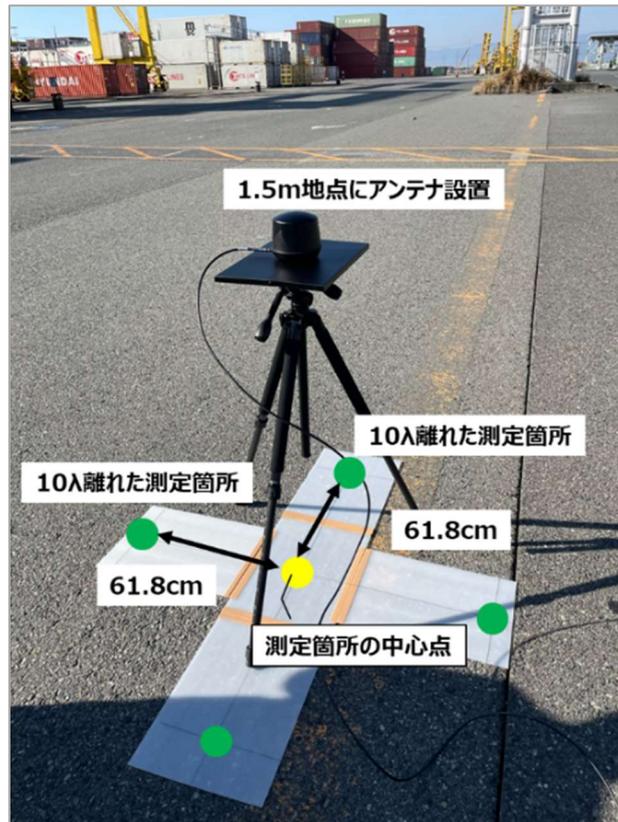


図 3.3-14 測定の様子

測定に用いた HBflex、GPS 測定器の諸元を以下に示します。

表 3.3-5 エリアテストの諸元

項目	諸元
製造ベンダー	PCTEL
機種	HBflex
測定周波数	4.7~4.9GHz
測定幅	100MHz
測定項目	RSRP、SINR
測定周期	33msec
アンテナパターン	オムニアンテナ
サイズ	111.5(H) × 165.1(W) × 255.3(D) mm
重量	3.3kg
電源	DC 17V

表 3.3-6 エリアテスト付属 GPS アンテナの諸元

項目	諸元
タイプ	56 channel internal receiver
位置精度	2.5 m
取得時間	Cold start: <30 sec; Hot start: <2 sec
感度 (トラッキング)	>-150 dBm

表 3.3-7 測定用 PC の諸元

項目	諸元
製造ベンダー	HP
機種	HP ProBook 650 G8
機能	iPerf、ping
サイズ	19.9(H) × 359.4(W) × 233.9(D) mm
重量	1.74kg
電池	リチウムイオン電池 (45Wh)
電源	AC100~240V

表 3.3-8 XCAL の諸元

項目	諸元
製造ベンダー	Accuver
機種	XCAL
機能	無線区間の情報取得 ※測定用 PC にインストールした XCAL のライセンス認証 USB キー
測定項目	RSRP SINR UL MAC Throughput DL MAC Throughput UL MCS DL MCS UL RB DL RB
測定周期	33msec
サイズ	0.9(H) × 4.2(W) × 1.6(D) mm
重量	約 10g

表 3.3-9 GPS 測定器の諸元

項目	諸元
製造ベンダー	GARMIN
機種	eTrex 32xJ
機能	GPS 座標取得
サイズ	33(H) × 54(W) × 103(D) mm
重量	148g
電池	単三電池 × 2本

具体的な精緻化の方法について記載します。

<精緻化の方法>

- ① HBflex を用いて測定したデータと算出した想定値を比較しました。測定ポイントのうち LoS (Line of Sight : 見通し) 環境にある地点を対象としています。同一地点にて 2 回測定したうち、片方が LoS であったデータも対象としました。次に、LoS、NLoS (Non-Line of Sight : 見通し外) 環境それぞれに関してフレネルゾーンの遮蔽率を考慮するために、測定状況と受信電力値を比較し、電波伝搬へ与える影響有無を考察しました。
- ② 複数の海面割合パターンにて受信電力値を測定し、測定したデータと算出した想定値を比

較しました。こちらにも測定ポイントのうち LoS (Line of Sight : 見通し) 環境にある地点を対象としています。

(5) 実証結果及び考察

「補正值 : S」に関する測定結果を示します。「補正值 : K」に関する結果を表 3.3-10 に示します。また、測定回ごとの見通し状況については表 3.3-11 に示します。なお、測定日によって見通し状況に変化があったデータについては測定ポイント末尾に「-数字」を付与する形で記載しています。

具体的には表 3.3-12 に記載していますが、2-2-8 を 2 回測定、2-2-14 を 3 回測定、2-2-15 を 3 回測定、2-2-16 を 3 回測定実施しました。

また、アンテナの指向性パターンについても図 3.3-15 と図 3.3-16 に記載します。

本測定に使用した測定器 PCTEL HBflex の測定限界が「-130.0dBm」未満であるため、限界値を下回ると想定される測定地点結果については表中「-」と記載しています。

表 3.3-10 各測定地点実測結果(エリア図①、エリア図②)

測定ID	算出式による 受信電力 (dB)	実測値					
		中央値 (dBm)	平均値 (dBm)	標準偏差	上位10%値 (dBm)	下位10%値 (dBm)	SINR中央値 (dB)
1-1-1	-127.03	-103.84	-103.4752	3.275559	-98.21	-107.56	-6.98
1-1-2	-122.17	-99.15	-100.0006	2.670022	-97.53	-105.05	2.13
1-1-3	-104.98	-105.025	-105.96	2.493781	-103.025	-109.15	-8.56
1-1-4	-111.59	-109.85	-109.9021	1.152953	-108.43	-111.44	-9.085
1-1-5	-116.18	-108.32	-108.7569	1.770928	-106.85	-111.6	-2.79
1-1-6	-119.28	-122.78	-122.9666	2.153015	-120.31	-125.894	-7.03
1-1-7	-120.24	-121.87	-121.933	2.371275	-118.77	-125.12	-12.66
1-1-8	-129.59	-94.16	-94.05438	0.850865	-92.95	-95.03	-2.36
1-1-9	-142.02	-104.07	-104.3052	2.605495	-100.99	-107.78	-5.83
1-1-10	-97.18	-88.61	-88.54847	1.269226	-86.74	-90.2	-3.79
1-1-11	-104.14	-96.79	-97.12938	1.449537	-95.55	-99.54	3.15
1-1-12	-108.38	-98.09	-98.357	1.959124	-96.03	-101.19	4.17
1-1-13	-107.88	-107.75	-107.8577	2.831631	-103.97	-111.53	-2.07
1-1-14	-107.97	-107.18	-107.005	2.116846	-104.12	-109.61	-1.22
1-1-15	-121.92	-89.13	-89.13786	0.9791	-87.83	-90.54	-12.47
1-1-16	-130.39	-97.02	-97.49826	3.081607	-93.81	-101.6	-1.43
2-1-1	-92.25	-108.67	-108.8502	2.340298	-105.96	-112.09	-5.72
2-1-2	-127.49	-101.21	-100.8752	2.940993	-96.78	-104.28	-1.52
2-1-3	-115.73	-	-	-	-	-	-
2-1-4	-116.72	-	-	-	-	-	-
2-1-5	-123.37	-112.47	-112.4222	1.53136	-110.33	-114.4	-7.06
2-1-6	-122.83	-121.6	-121.7905	1.937121	-119.49	-124.41	-8.51
2-1-7	-117.96	-123.72	-123.4297	2.549787	-119.68	-126.57	-10.6
2-1-8	-129.93	-92.48	-92.51861	0.966201	-91.293	-93.62	-12.265
2-1-9	-120.54	-105.4	-105.54	1.67	-103.53	-107.58	-8.75
2-1-10	-119.74	-106.83	-107.03	1.76	-104.93	-109.51	-8.61
2-1-11	-100.36	-92.48	-92.28258	1.797311	-90	-94.64	-2.46
2-1-12	-107.08	-102.36	-102.4947	1.29902	-100.99	-104.27	-3.65
2-1-13	-110.79	-99.89	-99.77344	1.16268	-98.14	-101.1	-7.13
2-1-14	-115.93	-115.38	-115.9692	2.396282	-113.41	-119.714	-7.6
2-1-15	-105.07	-110.53	-110.601	2.169069	-107.72	-113.49	-6.23
2-1-16	-129.04	-89.39	-89.39611	0.816215	-88.28	-90.49	-2.44

表 3.3-11 各測定地点実測結果(エリア図③、エリア図④)

測定ID	算出式による 受信電力 (dB)	実測値					
		中央値 (dBm)	平均値 (dBm)	標準偏差	上位10%値 (dBm)	下位10%値 (dBm)	SINR中央値 (dB)
1-2-1	-137.89	-	-	-	-	-	-
1-2-2	-136.31	-	-	-	-	-	-
1-2-3	-145.83	-	-	-	-	-	-
1-2-4	-130.51	-	-	-	-	-	-
1-2-5	-134.43	-111.72	-112.0965	2.413665	-109.313	-115.68	-8.93
1-2-6	-133.26	-104.35	-106.4164	3.753919	-102.83	-112.21	0.17
1-2-7	-117.37	-97.51	-98.14528	2.052968	-95.77	-100.92	1.55
1-2-8	-132.11	-110.7	-110.2955	3.440281	-104.91	-114.48	-4.96
1-2-9	-130.26	-108.34	-108.5626	3.755717	-103.19	-113.67	-8.14
1-2-10	-140.50	-109.79	-109.6804	1.472401	-107.57	-111.49	-7.58
1-2-11	-119.86	-106.83	-107.0258	1.760512	-104.93	-109.512	-8.61
1-2-12	-124.91	-104.07	-104.3052	2.605495	-100.99	-107.78	-5.83
1-2-13	-120.74	-83.78	-83.70491	1.201373	-82.08	-85.23	4.44
1-2-14	-120.92	-	-	-	-	-	-
1-2-15	-126.69	-104.8	-104.6597	1.691956	-102.42	-106.77	-12.42
1-2-16	-105.66	-96.085	-96.20059	3.519266	-91.81	-101.02	-4.17
1-2-17	-129.59	-95.8	-96.44555	1.896935	-95.71	-99.19	-2.34
1-2-18	-120.54	-105.59	-105.551	2.551587	-101.96	-109	-4.28
1-2-19	-119.74	-105.4	-105.5364	1.669768	-103.53	-107.58	-8.75
1-2-20	-126.61	-104.49	-104.817	1.610946	-102.93	-107.24	-12.23
2-2-1	-166.92	-	-	-	-	-	-
2-2-2	-166.81	-	-	-	-	-	-
2-2-3	-173.85	-	-	-	-	-	-
2-2-4	-164.83	-	-	-	-	-	-
2-2-5	-168.19	-	-	-	-	-	-
2-2-6	-161.42	-126.9	-127.2026	2.356161	-124.38	-130.478	-8.51
2-2-7	-157.22	-	-	-	-	-	-
2-2-8	-187.38	-129.42	-129.474	2.013731	-126.89	-132.13	-11.2
2-2-8-2	-187.38	-128.82	-129.0646	2.138344	-126.523	-132.06	-10.485
2-2-9	-151.88	-	-	-	-	-	-
2-2-10	-151.32	-	-	-	-	-	-
2-2-11	-162.93	-	-	-	-	-	-
2-2-12	-161.82	-	-	-	-	-	-
2-2-13	-172.94	-	-	-	-	-	-
2-2-14	-147.52	-124.15	-124.0509	1.797351	-123.93	-121.37	-8.27
2-2-14-2	-147.52	-122.21	-122.337	2.306848	-122.78	-124.67	-10.88
2-2-14-3	-147.52	-124.78	-124.6946	2.72875	-128.99	-123.71	-8.92
2-2-15	-149.80	-114.48	-115.1472	3.786654	-121.99	-114.02	-0.46
2-2-15-2	-149.80	-115.78	-116.3559	3.474501	-120.21	-115.14	-0.96
2-2-15-3	-149.80	-114.35	-114.5269	1.888502	-115.37	-113.48	1.43
2-2-16	-171.31	-124.83	-124.5802	2.599976	-125.14	-129.32	-9.97
2-2-16-2	-171.31	-124.94	-125.2433	2.795046	-124.13	-126.71	-5.67
2-2-16-3	-171.31	-116.83	-117.1376	2.475225	-120.33	-115.71	-1.13

表 3.3-12 各測定地点情報

<p>1-1-1</p> 	<p>1-1-2</p> 	<p>1-1-3</p> 	<p>1-1-4</p> 
<p>1-1-5</p> 	<p>1-1-6</p> 	<p>1-1-7</p> 	<p>1-1-8</p> 
<p>1-1-9</p> 	<p>1-1-10</p> 	<p>1-1-11</p> 	<p>1-1-12</p> 
<p>1-1-13</p> 	<p>1-1-14</p> 	<p>1-1-15</p> 	<p>1-1-16</p> 

表 3.3-13 「続き」 各測定地点情報

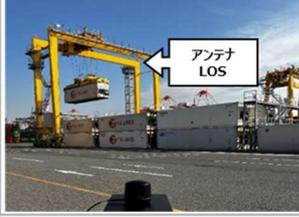
<p>2-1-1</p> 	<p>2-1-2</p> 	<p>2-1-3</p> 	<p>2-1-4</p> 
<p>2-1-5</p> 	<p>2-1-6</p> 	<p>2-1-7</p> 	<p>2-1-8</p> 
<p>2-1-9</p> 	<p>2-1-10</p> 	<p>2-1-11</p> 	<p>2-1-12</p> 
<p>2-1-13</p> 	<p>2-1-14</p> 	<p>2-1-15</p> 	<p>2-1-16</p> 

表 3.3-14 「続き」 各測定地点情報

<p>1-2-1</p> 	<p>1-2-2</p> 	<p>1-2-3</p> 	<p>1-2-4</p> 
<p>1-2-5</p> 	<p>1-2-6</p> 	<p>1-2-7</p> 	<p>1-2-8</p> 
<p>1-2-9</p> 	<p>1-2-10</p> 	<p>1-2-11</p> 	<p>1-2-12</p> 
<p>1-2-13</p> 	<p>1-2-14</p> 	<p>1-2-15</p> 	<p>1-2-16</p> 
<p>1-2-17</p> 	<p>1-2-18</p> 	<p>1-2-19</p> 	<p>1-2-20</p> 

表 3.3-15 「続き」 各測定地点情報

<p>2-2-1</p> 	<p>2-2-2</p> 	<p>2-2-3</p> 	<p>2-2-4</p> 
<p>2-2-5</p> 	<p>2-2-6</p> 	<p>2-2-7</p> 	<p>2-2-8</p> 
<p>2-2-8-2</p> 	<p>2-2-9</p> 	<p>2-2-10</p> 	<p>2-2-11</p> 
<p>2-2-12</p> 	<p>2-2-13</p> 	<p>2-2-14</p> 	<p>2-2-14-2</p> 
<p>2-2-14-3</p> 	<p>2-2-15</p> 	<p>2-2-15-2</p> 	<p>2-2-15-3</p> 
<p>2-2-16</p> 	<p>2-2-16-2</p> 		

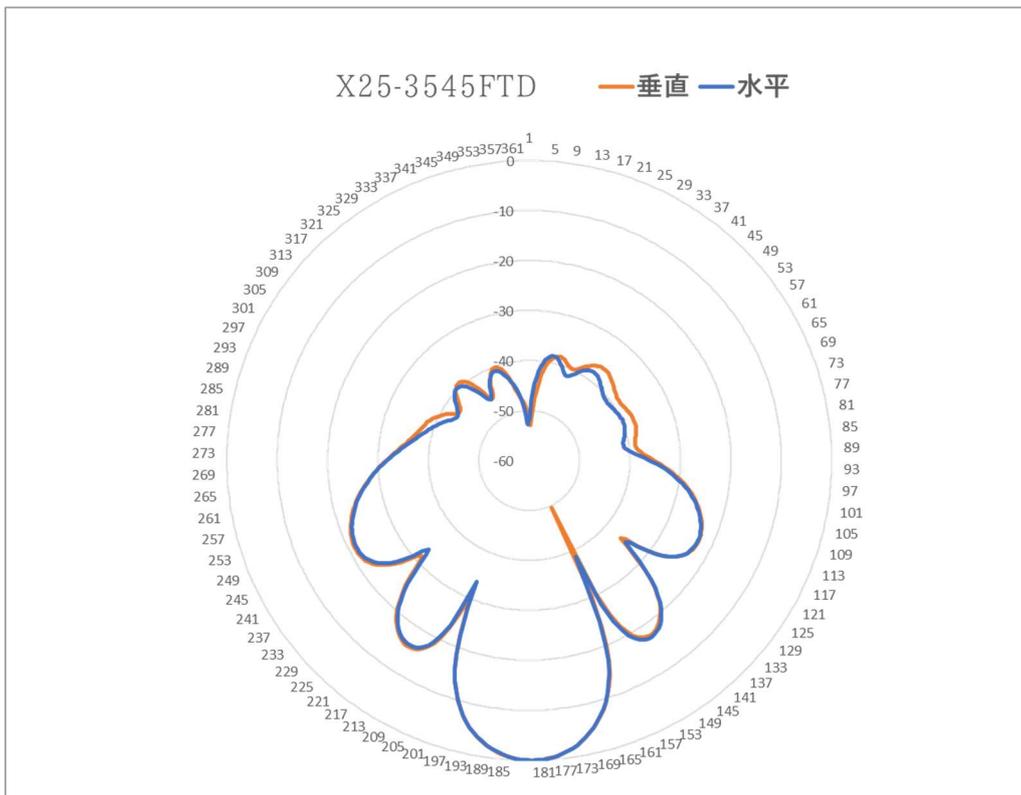


図 3.3-15 X25-35645FTD アンテナビームパターン

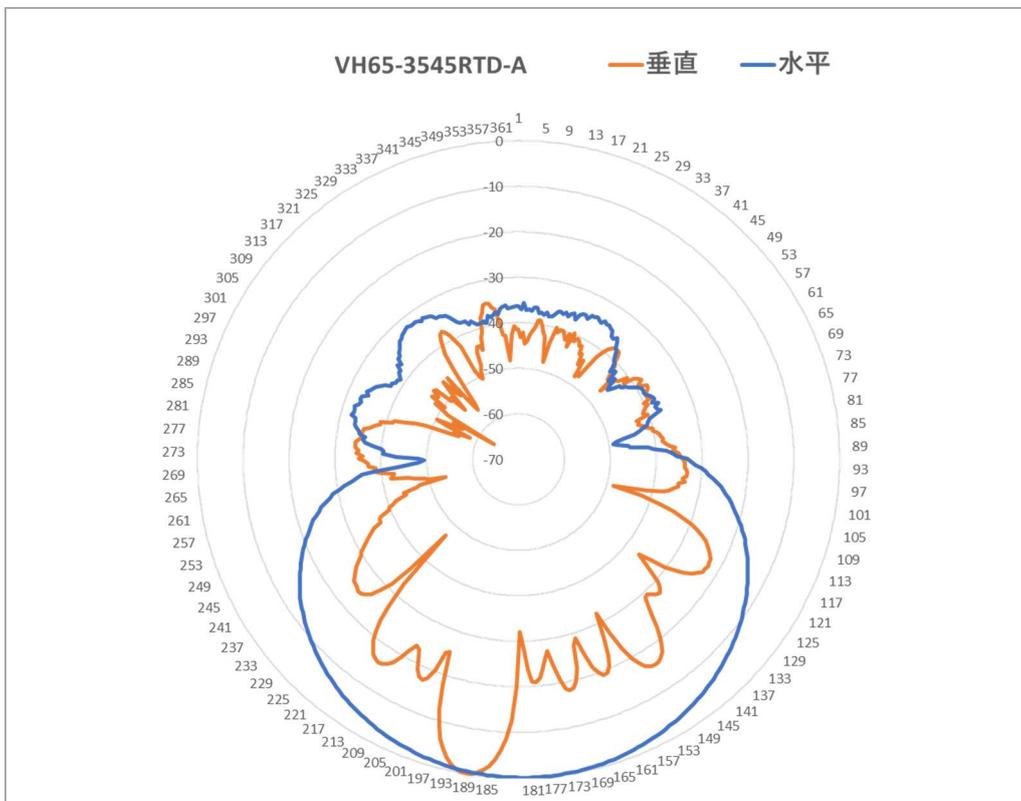


図 3.3-16 VH65-3545RTD-A アンテナビームパターン

精緻化の前段として、コンテナヤードに内在する電波伝搬要因の要素化を実施しました。

今回の測定で想定される要因としては、「コンテナ」と「RTG」があげられます。それぞれの前面と背面で測定を実施し、電波の減衰状況を把握しました。測定のイメージを図 3.3-17 電波伝搬要因の減衰量要素化方法イメージに、測定を分析の結果を表 3.3-16 に示します。

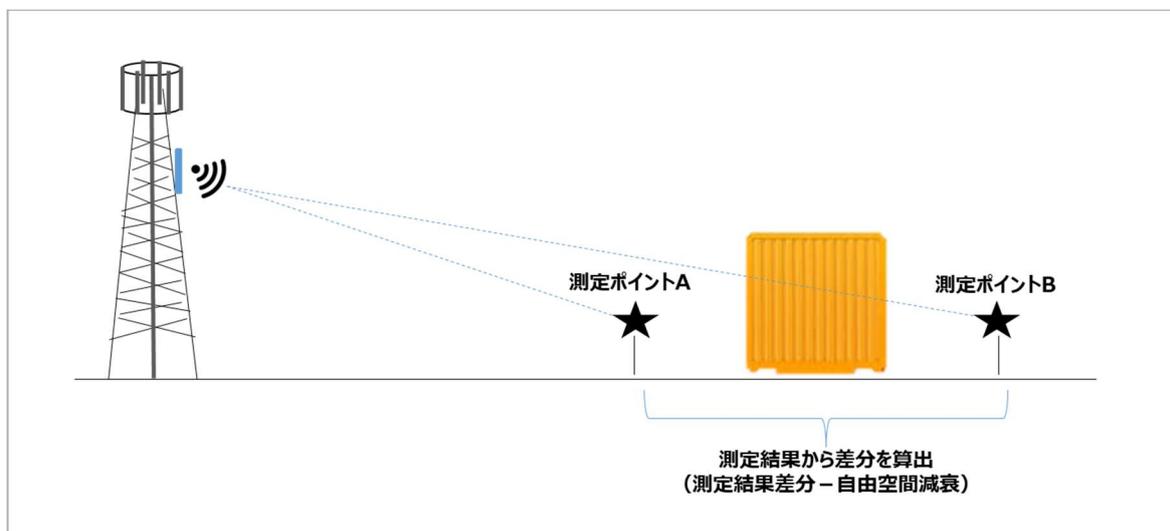


図 3.3-17 電波伝搬要因の減衰量要素化方法イメージ

表 3.3-16 測定結果と妨害物による減衰量

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 (dBm)	妨害物背面受信電力 (dBm)	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

表の結果から、コンテナの遮蔽影響に関しては2段積み上がると17~37dB程度の減衰があり、RTGによる遮蔽影響については20dB程度の影響があると分かりました。同じようにコンテナが積み上がっている状況でも、測定環境によって減衰量に差が出ています。この差については基地局から測定地点までの距離とフレネルゾーンの遮蔽率が関係していると考えます。2段積み上がりの場合、フレネルゾーンの遮蔽率が100%の状態では37dB程度の減衰量であり、遮蔽率が約50%改善すると、17dBの減衰量となりました。

コンテナ積み上がり1段であり、且つLoSの状況下では約30%のフレネルゾーン遮蔽が起こっており、NLoS環境になると約50%のフレネルゾーン遮蔽となりました。2段の場合と比較すると、1段遮蔽の方が減衰量は少なくなっています。状況を比較してみると、フレネル半径はどちらも0.5mと変わりません。遮蔽率も約50%と45%であり、大きく変わりません。本測定結果から、妨害物までの距離に応じて電波の減衰量の変動することが分かりました。

本考察値につきましては、以降の精緻化の際にも使用し、精緻化測定ポイント状況に応じた妨害物減衰量を適用しています。

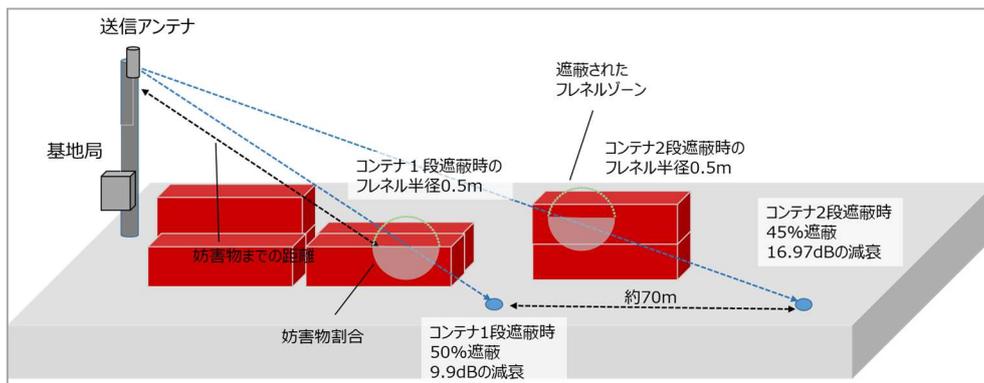


図 3.3-18 測定結果図

表 3.3-17 コンテナによる減衰量測定環境

<p>コンテナ1段 フレネル遮蔽 約30%</p> 	<p>コンテナ1段 フレネル遮蔽 約50%</p> 
<p>コンテナ2段 フレネル遮蔽 約45%</p> 	<p>コンテナ2段 フレネル遮蔽 100%</p> 

次に「補正值：S」の精緻化を行いました。表 3.3.1-10 に記載している測定結果のうち、海面の影響を受けない、且つ LoS 環境であるポイントは9ヶ所ありました。なお、基地局から測定点までが 3D 距離で 100m 未満のものについては省く形で精緻化を実施しています。

LoS 環境の中でも見通しがある測定地点の中で電波の指向方向（メインビーム）に近いポイントと、指向方向外（エッジビーム）のポイントでグルーピングを実施しました。それぞれの条件下での精緻化結果を以下の表に示します。

表 3.3-18 LoS 環境における精緻化結果

条件	算出式	仮説値 (dB)	精緻化値 (dB)	測定ポイント数	サンプル数
LOS (メインビーム)	S=0	S=6	9	6	59074
LOS (エッジビーム)			3	3	6359

以上より、コンテナヤード内の LoS 環境に対するメインビームに対する「補正值：S」は 9 であると想定し、本補正值を用いてカバーエリアと調整対象区域を作図すると図 3.3-19 のようになります。



図 3.3-19 「補正值:S」1次精緻化後のカバーエリア図

次に、カバーエリアと調整対象区域のエリア端受信電力が測定できたポイントを図 3.3-20 に示します。



図 3.3-20 カバーエリア、調整対象区域端実測ポイント

表 3.3-19 実測ポイントの状況

カバーエリア端 実測ポイント	調整区域端 実測ポイント

当初の想定していたカバーエリア端、調整対象区域端あまり乖離が発生していないことが分かります。要因としてはメインビームの延長線上でコンテナ等が遮蔽とならず、電波のブレが少ない状況で測定ができたためと考察します。

本実測ポイントを考慮した形で再度「補正値:S」の算出を行いました。全測定ポイントの中で、メインビームを対象として LoS 環境で測定ができた測定箇所 8 地点、全 69204 サンプルを対象に $S=9[\text{dB}]$ を算出しました。

なお、想定されるカバーエリア図、調整対象区域図は図 3.3-19 と同様となります。

次にエッジビームに関して「補正值：S」の精緻化を実施しています。エッジの範囲についてはコンテナやクレーンが遮蔽となり、NLoS になる地点や、LoS 環境であるものの、フレネルゾーンが遮蔽されている状況が多くを占めています。このうち、LoS 環境である 3 地点について補正值の算出を実施しています。全 6359 サンプルを対象に $S=3$ [dB] を算出しました。

ここで NLoS 環境についても考慮します。測定ポイント状況に応じて表 3.3.1-13 で算出した減衰量が内在されていると想定して、前述の LoS 環境も含めた合計 10 地点、全 90352 サンプルを対象に $S=5$ [dB] を算出しました。

$S=5$ [dB] を用いたカバーエリア図、調整対象区域図を以下の図 3.3-21 に示します。



図 3.3-21 「補正值:S」=5 の場合のカバーエリア図

次に「補正值：K」に対して精緻化を行いました。K の精緻化に関してはメインビームを海面に向けた基地局で測定を行っています。前述しているコンテナヤード内での補正值 S とは建物占有率的にも乖離があると想定します。まずは陸地だけでの影響（「補正值：S②」）を調べるために図 3.3-22 の位置にて実測受信電力値と想定受信電力値との比較を実施しました。



図 3.3-22 補正值:S②算出のための実測ポイント

対象となるのは海面に向けたアンテナのメインビームとコンテナヤードに向けたアンテナのエッジビームの測定結果です。測定の結果は以下の表 3.3-20 に示します。本結果から 2 測定ポイント、21689 サンプルを対象に標準偏差を実施し、 $S②=18$ [dB]を算出しています。

以降の海面を挟んだ測定結果については一律 $S②=18$ [dB]が内在しているものと考え、補正值：K の算出を実施しています。

表 3.3-20 補正值:S②算出対象の実測結果

測定データ	算出式による 受信電力 (dB)	実測値					
		中央値 (dBm)	平均値 (dBm)	標準偏差	上位10%値 (dBm)	下位10%値 (dBm)	SINR中央値 (dB)
海面方向アンテナ メインビーム	-117.37	-97.51	-98.145	2.05	-95.77	-100.92	1.55
ヤード方向アンテナ エッジビーム	-138.00	-120.8	-120.71	1.27	-119.26	-123.37	-3.20

「補正值：K」に関するポイントの測定結果を表 3.3-21 に再掲します。

表 3.3-21 「補正值:K」対象地点測定結果

測定ID	算出式による 受信電力 (dB)	実測値						測定グループ
		中央値 (dBm)	平均値 (dBm)	標準偏差	上位10%値 (dBm)	下位10%値 (dBm)	SINR中央値 (dB)	
2-2-6	-161.42	-126.9	-127.2	2.356161	-124.38	-130.478	-8.51	グループC
2-2-7	-157.22	-	-	-	-	-	-	グループA
2-2-8	-187.38	-129.42	-129.47	2.013731	-126.89	-132.13	-11.2	グループB
2-2-8-2	-187.38	-128.82	-129.06	2.138344	-126.523	-132.06	-10.485	グループB
2-2-14	-147.52	-124.15	-124.05	1.797351	-123.93	-121.37	-8.27	グループD
2-2-14-2	-147.52	-122.21	-122.34	2.306848	-122.78	-124.67	-10.88	グループD
2-2-14-3	-147.52	-124.78	-124.69	2.72875	-128.99	-123.71	-8.92	グループD
2-2-15	-149.80	-114.48	-115.15	3.786654	-121.99	-114.02	-0.46	グループD
2-2-15-2	-149.80	-115.78	-116.36	3.474501	-120.21	-115.14	-0.96	グループD
2-2-15-3	-149.80	-114.35	-114.53	1.888502	-115.37	-113.48	1.43	グループD
2-2-16	-171.31	-124.83	-124.58	2.599976	-125.14	-129.32	-9.97	グループD
2-2-16-2	-171.31	-124.94	-125.24	2.795046	-124.13	-126.71	-5.67	グループD
2-2-16-3	-171.31	-116.83	-117.14	2.475225	-120.33	-115.71	-1.13	グループD

測定結果から精緻化するにあたり、次のようにグルーピングを実施しています。

- ・ グループ A：海面割合が 50%程度の測定地点
- ・ グループ B：海面割合が 60%程度の測定地点
- ・ グループ C：海面割合が 70%程度の測定地点
- ・ グループ D：海面割合が 80%程度の測定地点

なお、グループ A である 2-2-7 地点については常に NLoS 状況であり、受信電力の測定ができなかったため、以降精緻化のサンプル数に含めていません。

海面割合ごとの精緻化結果を以下の表に示します。

表 3.3-22 「補正值:K」精緻化結果

条件	S値	仮説値	精緻化値	測定ポイント数	サンプル数
海面割合 (60%)	S=18 dB	S=8.09 dB ※昨年の実証結果	13 dB	2	8069
海面割合 (70%)			5 dB	2	7358
海面割合 (80%)			13 dB	6	27975

※70%の海面割合測定地点は樹木による遮蔽影響も受けていると推察

海面割合 70%のポイント（測定ポイント 2-2-6）の精緻化値については他と乖離がある状況となっています。この要因としては図 3.3-23 に示すように周りを樹木で囲まれており、見通しはあるものの電波伝搬阻害要因が多いことから純粋な海面影響ではなく、樹木の妨害物特性も内包された減衰量となっていると判断しました。



図 3.3-23 測定ポイント 2-2-6 の見通し状況

海面割合のデータとしてグループ A のデータとグループ C のデータを比較した際には、0.2dB 程度の差分しかありません。従って今回のように海面が 1km を超えるような環境で、測定ポイントと基地局間で海面が占める割合が 60%以上であれば補正值に差分はないものと考えました。

「補正值：K」の精緻化を対象とする全測定ポイントの中で、LoS 環境で測定ができた 8 測定ポイント、全 25710 サンプルを対象に以下の算出式より $K=12$ [dB] を算出しました。

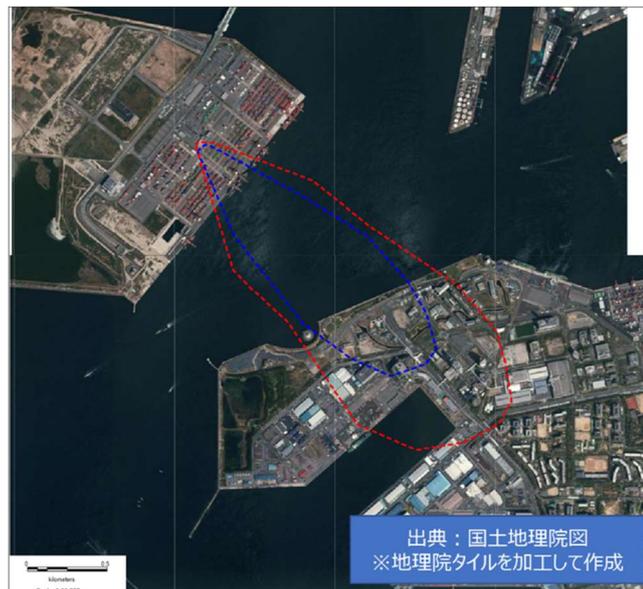


図 3.3-24 「補正值：K」1 次精緻化後のカバーエリア、調整対象区域図

以上の結果から $S②=18$ 、 $K=12$ を適用させたカバーエリア、調整対象区域図は以下の図 3.3-24 のようになります。

次にカバーエリア、調整対象区域端が実測できたポイントを図 3.3-25 に示します。

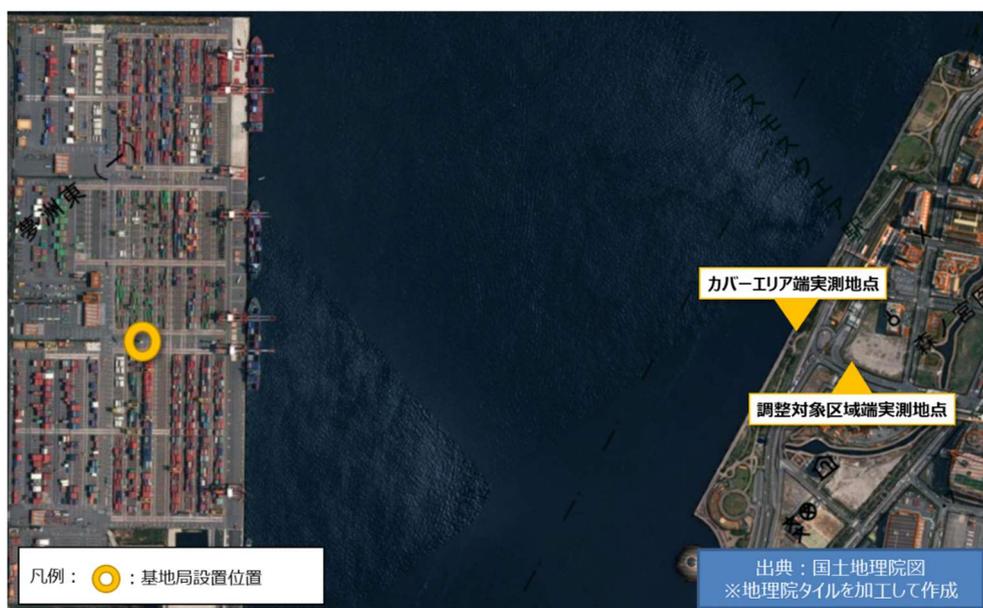


図 3.3-25 海面を挟んだ環境下でのエリア端実測ポイント

表 3.3-23 実測ポイントの状況

カバーエリア端 実測ポイント	カバーエリア端 実測ポイント (背面)	調整区域端 実測ポイント

図 3.3-26 に示す想定されるカバーエリア端、調整対象区域端と誤差が大きいポイントでの実測となりました。調整区域端の実測ポイントについては表 3.3-24 の右段に示すように LoS 環境ではあるものの、海面以外の妨害物影響を受けていると想定されます。

カバーエリア端の実測結果については表 3.3-11：ポイント (2-2-15) に示すように-114[dB]程度の受信強度となっていました。一方で背面が表 3.3-23 中段に示すように NLoS 要因となっているため、計測ができない状況でした。

この 2 点を考慮して海面による電波伝搬影響を受けていると想定されるデータを選定し、再度「補正値：K」の精緻化を実施しております。LoS 環境であり、且つ海面のみが電波伝搬要因であると想定できる測定ポイントを抽出しました。測定グループ B, C, D における 8 地点、エリア端実測地点の 1 地点の合計 9 測定箇所、全 31710 サンプルを対象に K=11[dB]を算出しました。

K=11 を用いた場合のカバーエリア図、調整対象区域図を以下の図 3.3-26 に示します。

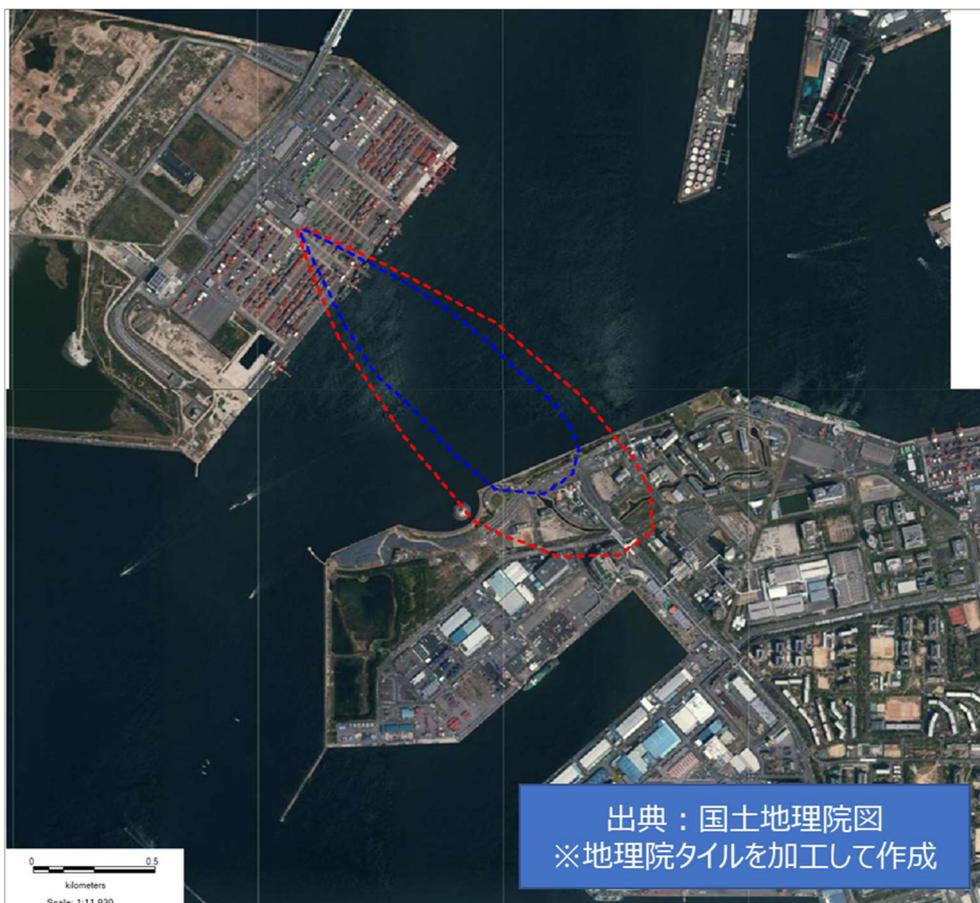


図 3.3-26 「補正値:K」=11 の場合のカバーエリア図

「補正値：S」に関して昨年度の精緻化結果と今年度の精緻化結果を比較したものを表 3.3-24 に記載します。今年度結果で算出した「補正値：S①～②」と昨年度実証結果の「補正値：③」では大きな乖離が出ている結果となりました。要因としてはアンテナの設置位置、指向方向、測定ポイントが大きく影響していると考えられます。

	補正値S ①	補正値S ②	補正値S ③
精緻化値	9 dB	5 dB	43.24
アンテナ高	25m	25m	18m
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)	解放地相当

表 3.3-24 「補正値:S」に関する精緻化値と測定環境のパラメータ

コンテナヤードのように電波伝搬要因が複合化している環境下では、アンテナ設置位置と電波発出方向によって補正値が変わると類推します。昨年度のように、15m 程度の高所から解放地に近いエリアに向かって電波を発出する場合は「S=43」を適用させることが望ましいと考察します。一方で、コンテナヤード内からコンテナの列に対して平行に電波を吹く場合については、「S=9」

を適用させることが望ましいと分かりました。本実証環境のように照明塔から電波を吹き降ろす環境であり、指向方向もレーン間に対して平行であればメインビームについてはある程度の見通しは期待できるため、本補正值の使用が適切ではないかと考えます。

他方でエリア構築の観点では NLoS 環境における受信電力を検討する必要があり、想定されるコンテナの遮蔽に応じた減衰量想定と「S=5」を用いたエリア設計の実施が適切であると結論付けました。

「補正值：K」に関しては昨年の残存課題である複数の海面割合で精緻化を実施しました。昨年度の実証環境では電波発出方向としてもコンテナや RTG の遮蔽影響を排除できない位置関係であったため、本年の取り組みの中では海面以外の電波伝搬要因を限りなく排除できるアンテナ設置位置、指向方向を選定しています。精緻化の結果比較を以下の表 3.3-25 に示します。

	補正值K (今年度)	補正值K (昨年度)
精緻化値	11 dB	8.09 dB
海面距離	約1km	約400m
アンテナ高	14m	18m
俯角	5°	3°

表 3.3-25 「補正值：K」に関する精緻化値と測定環境パラメータ

表に示すように、昨年の結果と比べると 3dB 程度の差が出ていることが分かります。この部分については昨年の実証の中で排除できなかった海面以外の影響が多く関わっていると考察します。図 3.3-27 のように測定地点まで陸上 600m が続いた上での海面到達となり、電波が広く拡散した状態で海面影響を受ける形となっていました。且つ、夢洲内での LoS 測定地点がなかったため、「補正值：S」が残存していたと考えます。

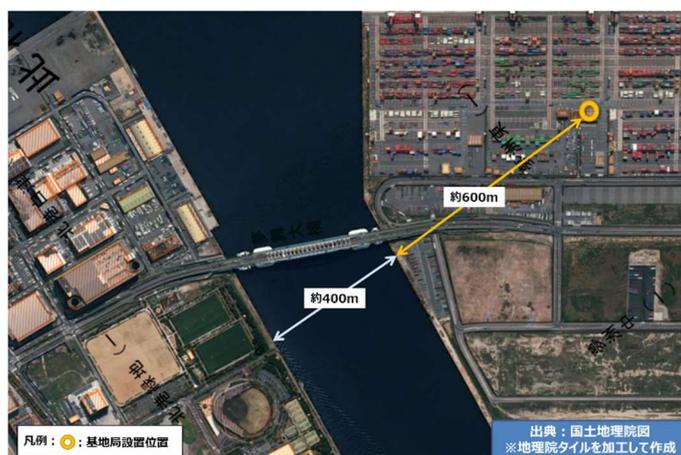


図 3.3-27 昨年の「補正值：K」測定環境

本年の環境に関しても地上 17m の地点から俯角 5° での電波発射であるため、海面到達時には入射角が大きくなっていったと想定されます。

昨年の実証と同様に反射物（海面）の面積が大きい点、放射状に広がった状況で海面に到達する点の 2 状況が作用することで「K=0」よりも大きい補正值でなっていると推察しました。今回の測定ポイントまでの海面距離は 1km を超える状況であるため、昨年度と比べると水面が反射板として作用する効果は大きくなります。

アンテナのメインビームとしては約 85° の入射角で水面に到達し、昨年度の実証よりも入射角は小さくなっています。電波法関連審査基準（平成 13 年総務省訓令第 67 号）の別図第 30 号より、電波減衰量が昨年より小さくなることを加味して「K=11」が適切であるという結論に至りました。

今回の技術実証対象基地局以外の装置についても精緻化値との関係性を評価し、汎用性についても評価を実施しました。対象となる基地局位置と「S=9」と想定した際のカバーエリア図、エリア端の実測ポイントを図 3.3-28 に示します。



図 3.3-28 他基地局での実測と精緻化想定比較

図のように想定されるエリア端と乖離がなく実測ができていることが分かります。今回の実証と同様にアンテナの設置位置を照明塔とし、コンテナのレーンと並行の形で電波を発出する場合、且つメインビーム方向のエリア算出を実施する場合は「S=9」が適切であると考えます。

昨年の実証の中で他の港湾の環境は本実証地と以下の条件は同じであると確認できました。

- ・ 基地局設置位置想定である管理棟相当の建物から四方数百 m は陸地である
 - ・ コンテナの積み上げ高は 12.5m 程度が最大であり、管理棟の地上高も 20m 程度である
- また、照明塔に関しても同様で、ヤード内に一定間隔ごとに設置されるケースが多いです。

コンテナヤードを網羅的に電波拡充するという目的に沿って、基地局装置をヤード内に設置できる場合については今回の精緻化値は他の港湾でも適用可能であると推察しております。

3.3.2 エリア構築の柔軟性向上

このテーマには取り組まなかった。

3.3.3 準同期 TDD の追加パターンの開発

このテーマには取り組まなかった。

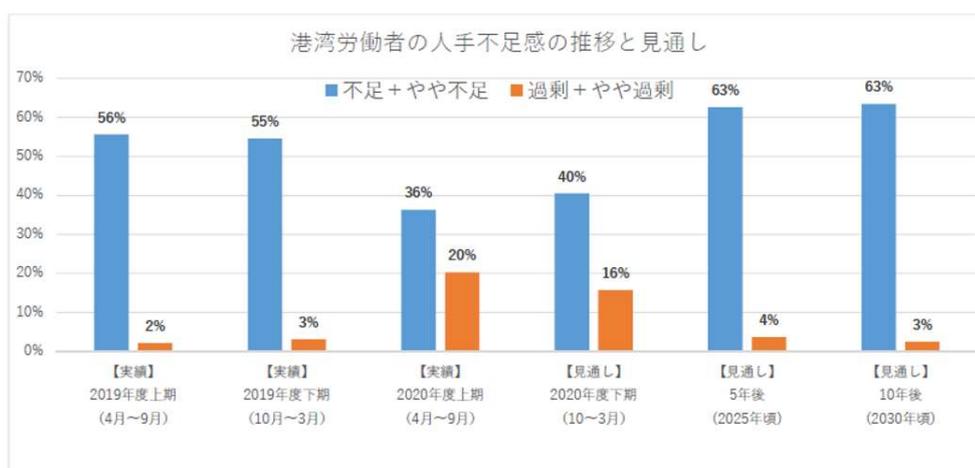
4. ローカル 5G 活用モデルに関する検討（課題実証）

4.1 実証概要

4.1.1 背景となる課題

大型コンテナ船の寄港に伴い、1 寄港あたりのコンテナ積卸個数が増加し、コンテナ船の着岸時間が長期化しています。一方、我が国では、労働人口の減少や高齢化の進展により、将来の港湾労働者不足の深刻化が懸念されています。

国土交通省が令和 3 年 5 月に公表した、「2020 年度 港湾労働者不足に関する実態調査」では、今後 5 年間及び 10 年間の見通しについて、63%が「不足・やや不足」と回答しており、「過剰・やや過剰」は 3~4%に止まり、今後、不足感が強まると推察されています。



(参考 URL: <https://www.mlit.go.jp/kowan/content/001405656.pdf>)

図 4.1-1 2020 年度 港湾労働者不足に関する実態調査

この社会課題の解決については、国土交通省の「AI ターミナル」構想により、取り組みが始まっています。

【参考】国土交通省「AI ターミナル」の実現に向けた取り組みの概要

- ① 暗黙知の定式化
熟練技能者の世界最高の荷役ノウハウを AI により分析し、その暗黙知を定式化して、若手技能者に継承
- ② RTG の遠隔操作化・自動化
RTG を遠隔操作化・自動化し、クレーン能力を最大化しつつ、オペレーターの労働環境を改善
- ③ コンテナ蔵置場所の最適化
品名、荷主名、過去の搬入・搬出日時等を AI で分析し、コンテナの蔵置場所を最適化
- ④ ダメージチェックの効率化

過去のダメージ画像を分析し、ダメージチェックを自動化

⑤ ゲート処理の迅速化

情報技術の活用により、搬出情報を自動照合し、ゲート処理を迅速化

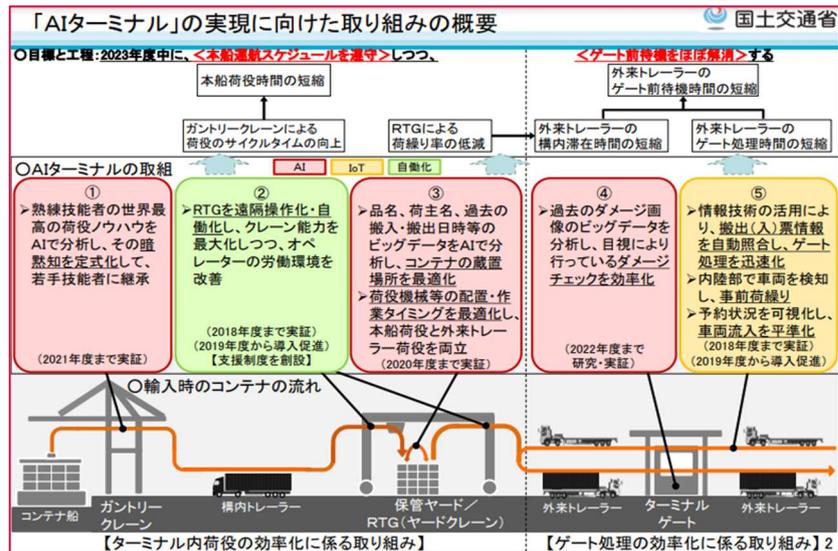


図 4.1-2 国土交通省による「AIターミナル構想」

令和3年度課題解決型ローカル5G等の実現に向けた開発実証(港湾・コンテナターミナル業務の遠隔操作等による業務効率化・生産性向上の実現)では、ローカル5Gの港湾業務への活用として、業務効率化及び生産性向上の効果を確認できました。

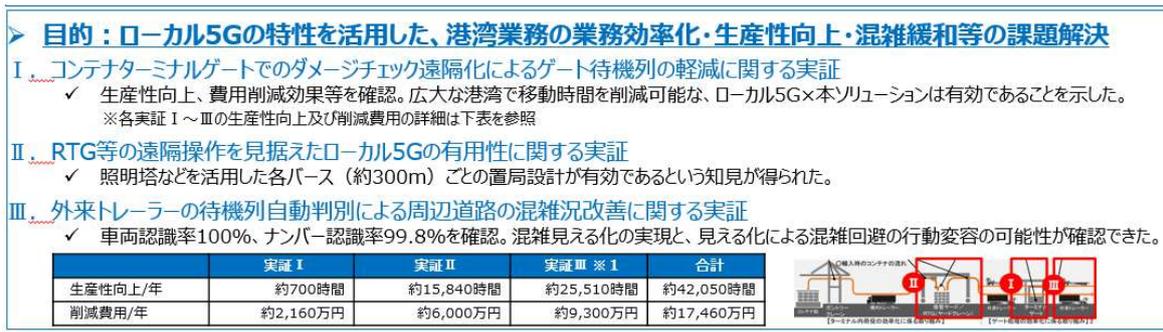


図 4.1-3 令和 3 年度実証の成果(抜粋)

現在、港湾コンテナターミナル業務では用途に合わせ、有線(映像伝送)、無線(業務データ通信及び音声、トランシーバー)と複数のネットワークを活用した業務運営が行われています。

有線については、コンテナターミナルの広大なエリア(※本実証予定地では、1,350m×500m)を隅々まで有線でネットワークを構築する場合、大規模な投資が必要且つ、施設工事のために港湾業務を止めてしまうなどの課題があります。

港湾業界で普及している既存無線である 5GHz 帯無線アクセスシステムについては、通信帯域の不足、専用端末がないことから 2.4GHz の Wi-Fi に変換し、通信を行うことによる電波干渉などで、特定エリアで通信が通りにくいなどの課題があります。

更には、前述の将来的な港湾労働者不足対策としての業務 DX 推進を行おうとしても、既存業務ネットワークの課題により、現状を維持するだけに留まってしまう本質的な課題を解決する必要があります。

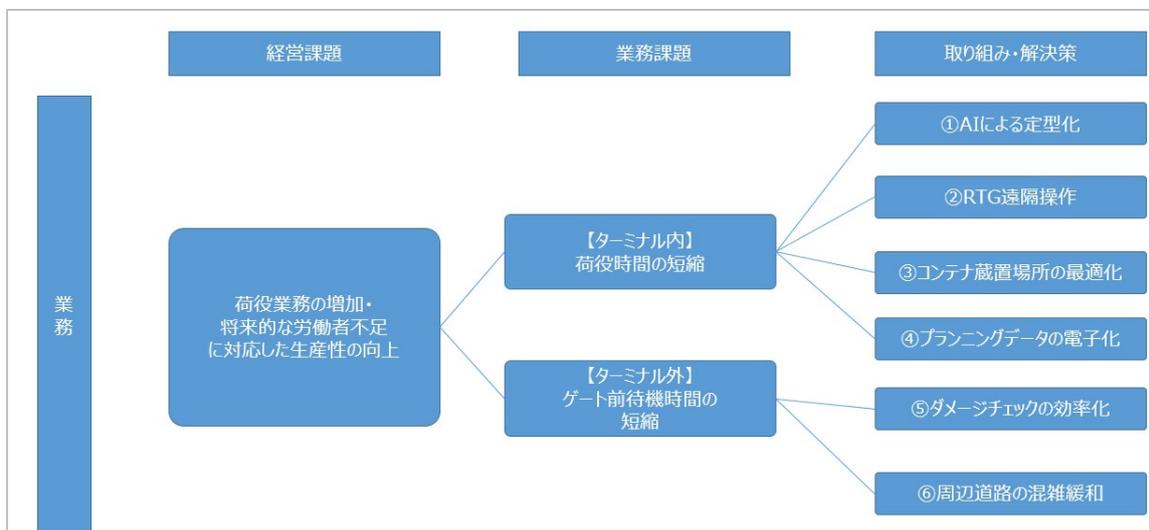


図 4.1-4 イシューツリー

本実証では、ローカル 5G の特長である大容量通信を活用し、業務ネットワークの高品質化により、これらの課題解決に取り組みます。ローカル 5G を活用して、複数に分かれているネットワークを 1 つに束ね、ネットワーク維持管理の煩雑さを軽減するとともに、業務用通信に加え、令和 3 年度の実証でも取り組んだ、スマートグラスを活用したコンテナダメージチェックの遠隔化や将来的な RTG 等操作までを 1 つのネットワーク上で機能できることを実証することで、港湾業務

の更なる効率化・生産性向上を実現することを目的とし、新たなユースケースの拡充にも取り組むことで、港湾におけるローカル5Gの普及に寄与することを目指し、以下の3つを実証致します。

- 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
- II. プランニングデータの電子データ化によるコンテナターミナルの保管工程業務の効率化
- III. トレーラー待機場の混雑状況の可視化

4.1.2 本実証におけるローカル 5G 活用モデル

(1) ローカル 5G を用いたソリューション

- 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

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においては、コンテナターミナル業務用ネットワークの高品質化を目標に、ローカル5Gの特長である大容量や準同期運用を活かし、既存の業務用通信に加え、令和3年度実証済のスマートグラスを活用したユースケース、将来的なRTG等遠隔操作なども同一ネットワーク上で機能させることが可能なことを確認します。

本ソリューションにより、今後不足感が強まると推察されている港湾労働者不足に備えるDXの推進が可能になります。これまでは、ローカル5Gほどの大容量通信が可能且つ、コンテナターミナル環境に適した無線ネットワークが存在せず、業務運営に必要最低限のデータ通信に限られていましたが、「AIターミナル」構想では、コンテナターミナル業務のあらゆるものをデータ化することでDXを推進するとされています。「AIターミナル」を実現するには、ネットワーク部分を高品質化することは必須です。

本実証では、ローカル5Gによりコンテナターミナル全域をくまなくエリア化し、ターミナル内のどの箇所でも通信が可能なることを確認し、置局設計モデルを確立します。また、業務用通信（本船・RTG・トランスファークレーン等の端末から本船作業進捗データ・コンテナ蔵置データ・リーファーコンテナの温度情報及び電源プラグ抜き確認データなどが通信の対象）の総通信量を調査し、ローカル5Gの空き帯域を明確にすることで、昨年度実施のスマートグラスを活用したユースケース（スマートグラスを用いたコンテナ確認は、ゲートでの活用に加え、コンテナヤード内や本船荷役での活用ニーズにおいても活用できるようにする）、RTG等遠隔操作などが機能することを示します。

港湾システムとの連携、ローカル5G対応端末に業務アプリケーションをインストールし、動作確認も行い、ローカル5Gを活用したソリューションを独立したネットワークで行うのではなく、同一ネットワークでコンテナターミナル全体の通信を行うことで、ローカル5G導入に対する費用対効果が更に高まり、港湾事業者が抱える課題を解決するソリューションとして、横展開性にも優れています。

ローカル5Gと港湾システムの連携を実証したケースは実例としてないと考えておりますので、

港湾業務全般に適用可能だということを示すことが重要です。ローカル 5G による RTG 遠隔操作を導入するニュースも出ておりますが、RTG 遠隔操作用にのみ構築されたネットワークであると想定しておりますので、ソリューションに閉じたネットワークを構築するのではなく、DXにより実現できる費用対効果を訴求できるモデルとして実証の中で結果を出すことで、ローカル 5G の普及に寄与します。

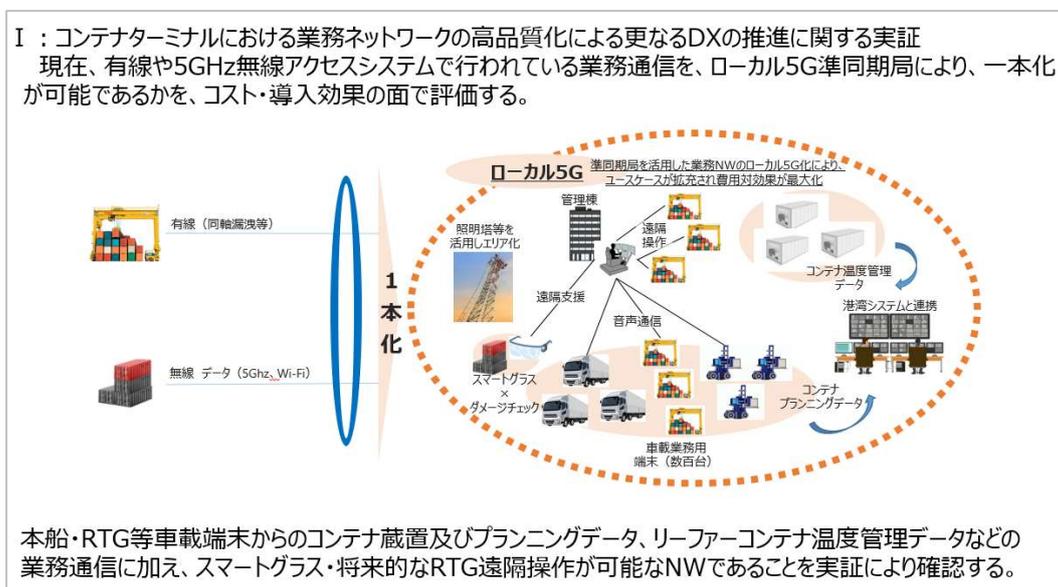


図 4.1-5 コンテナターミナルにおける業務ネットワークの高品質化による更なる DX の推進に関する実証(イメージ)

本ソリューションの適用範囲 (基本的な業務通信) は以下になります。

- ・ 本船作業進捗データ
- ・ コンテナ蔵置データ (RTG・トランスファークレーン・トレーラー)
- ・ リーファーコンテナの温度管理データ及び電源コード抜き確認データ

なお、スマートグラスを用いたコンテナ確認は、ゲートでの活用に加え、コンテナヤード内や本船荷役でのニーズがあり、本実証の中で通信帯域に問題がないことを確認します。

II. プランニングデータの電子データ化によるコンテナターミナルの保管工程業務の効率化

本実証では、RTG での保管工程業務にて扱われているプランニングデータについて、電子化を行います。現状、本船からの荷揚げ、本船への積込み作業では、複数の紙ベースのデータを確認し、作業を進めています。

課題としては、以下になります。

- ・ プランニングデータは本船全体のデータになり、容量が大きく既存無線での送信が困難 (既存無線の DL 帯域は、実測 20Mbps 程度であり、本ソリューションに必要とする帯域は 100Mbps 程度のため、リアルタイム性に欠けます)
- ※ 本ソリューションに必要な帯域：1RTG あたり、約 2.8MB のデータ量となるため、本実証地で稼動する RTG30 台に換算した場合、84MB になります。
- ※ プランニングデータの内容については、本船からの荷揚げ、本船への積込み対象となっ

ているコンテナの種別やナンバー、蔵置データ、作業順などが記された複数種類のデータからなる作業計画書になります。

- ・ リアルタイムな情報更新及び情報伝達精度の向上
(従来の紙ベースでの運用では、情報更新時、無線トランシーバーによる口頭での情報伝達を図っていましたが、RTG の操作と平行して情報を聞き取り、記憶し、操作の合間に紙ベースに修正を加えるなどの非常に煩雑な作業となっていました。連動して、周りの RTG にも情報更新の影響が及ぶため、電子化によるリアルタイム性、大容量通信による複数台 RTG への同時送信は作業の効率と精度が向上します)
- ・ 保管工程業務開始前の紙データへの加工稼働削減
(各 RTG オペレーターが手渡された、紙データに目印となるコンテナへの色付け等の加工を行い、作業手順を間違わない、RTG 移動のタイミングを見過ごさないために 1 日の全工程を事前に確認します)
- ・ 紙の印刷に関する諸稼働削減

以上の課題に対して、アプリケーションに以下の機能を追加する開発を加えることで解決が可能になります。

- ・ 複数種類の紙データを 1 つの電子データに統合、配信 (紙の印刷が不要)
- ・ RTG オペレーターが必要とする情報を見やすくレイアウト (コンテナへの色付けなど加工済データを配信することで、事前確認作業を削減)
- ・ 大容量データを複数台の RTG に対して送信

複数の紙データにより、全体の作業工程を確認していたところを RTG オペレーターの意見を反映させた見やすいレイアウトの 1 つの電子データにまとめる、且つ、事前に行っていた目印などの加工を施したデータを配信することで事前作業の削減につながります。

ローカル 5G の必然性の観点では、大容量通信の特長を活かし、複数台の RTG に対して作業進捗に応じたプランニングデータ (コンテナ船の積み降ろし作業計画) をリアルタイムに送信することが可能となり、より作業効率が高まると想定しているとともに、プランニングデータの修正が必要になった場合、現状ではトランシーバーによる口頭での伝達指示のみであったため、言い間違い・聞き間違いのリスクに加え、RTG 操作中に紙データに修正内容を書き込むなど、不安全行動につながっていた部分についても解消できると考えております。

また、キャリア 5G 通信と比較した場合は、コンテナ業務用の端末に限らず一般ユーザーも含めた通信分割が起こることが想定されますので、ローカル 5G であれば業務用として専有で活用できるメリットがあります。

RTG 遠隔操作を導入する場合には、導入計画に基づき、少しずつ導入を進める必要があるため、導入途中においては、RTG 遠隔操作と RTG 搭乗操作の 2 パターンが存在することになります。本実証では、その状況下を想定し、検証を実施する必要があります。

また、横展開・導入の観点では、RTG 遠隔操作の具体的な導入計画がない港湾事業者に対し、ローカル 5G の導入に対する費用対効果を高めるソリューションになり、後に RTG 遠隔操作を導入となった場合や具体的な導入計画がある事業者に対しては、期間は限られますが本ソリューション

ンの活用は可能です。

全台の RTG が遠隔操作となった以降は、ローカル 5G 活用からは外れますが、ソリューションは継続利用される想定です。ただし、不具合等で遠隔操作ができない場合は、RTG 搭乗操作に切り替える必要があるため、ローカル 5G を活用したデータ送信についても備えておく必要があります。



図 4.1-6 プランニングデータの電子データ化によるコンテナターミナルの保管工程業務の効率化(イメージ)

(2) ローカル 5G 活用モデル (当初仮説)

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

ローカル 5G ネットワークが、コンテナターミナル環境下において、業務用ネットワークとして活用できるのかを、港湾システム (TOS: Terminal Operation System) との連携も含めて確認する必要があります。

それに加え、港湾 DX ソリューション (令和 3 年度で実証した、スマートグラスを活用したコンテナダメージチェック等の遠隔作業支援、将来的な RTG 等遠隔操作) が同時に機能できる通信性能を有しているかを確認できれば、ローカル 5G ネットワークを実装することに障壁は存在しないと考えます。

ただし、既存の業務用ネットワークに比べ、ローカル 5G ネットワークは高価なため、コンテナターミナル全体をローカル 5G ネットワークに更改する場合の詳細な費用差分 (例えば、ローカル 5G ネットワーク上で、スマートフォン型の専用端末がそのまま業務で使用可能なら、既存の業務ネットワークで必要な変換装置が不要になる等) を算出し、ローカル 5G ネットワーク導入に伴う、業務効率化・生産性向上を収入と見立てた精緻な収支計画を作成する必要があります。

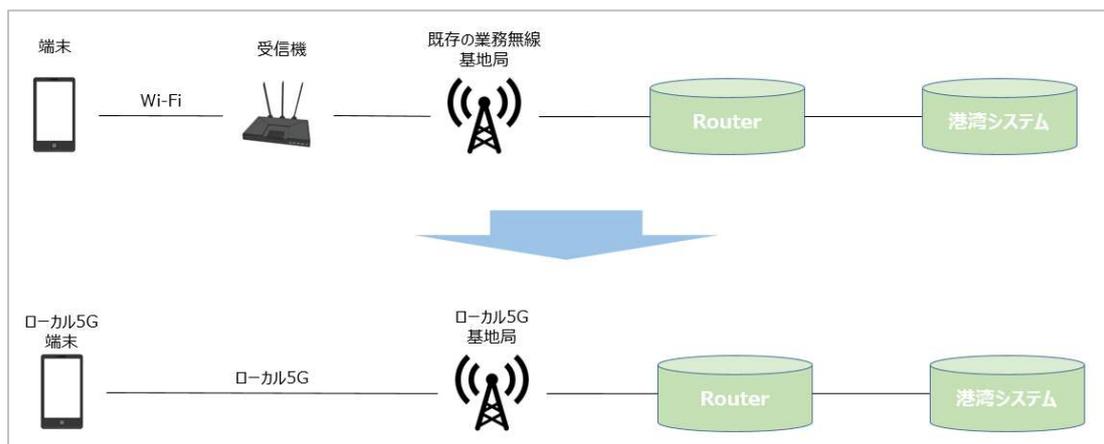


図 4.1-7 構成の差分(例)

- ・ ローカル 5G ネットワーク導入コスト及び費用対効果を明確にすること
- ・ 既存の無線ネットワークとの費用差分を明確にすること
- ・ 精緻な収支計画を作成すること

以上の 3 点を定量的に示すことができれば、他港湾事業者への提案時にも、その事業者の実情に合わせたプランを提示可能と考えます。

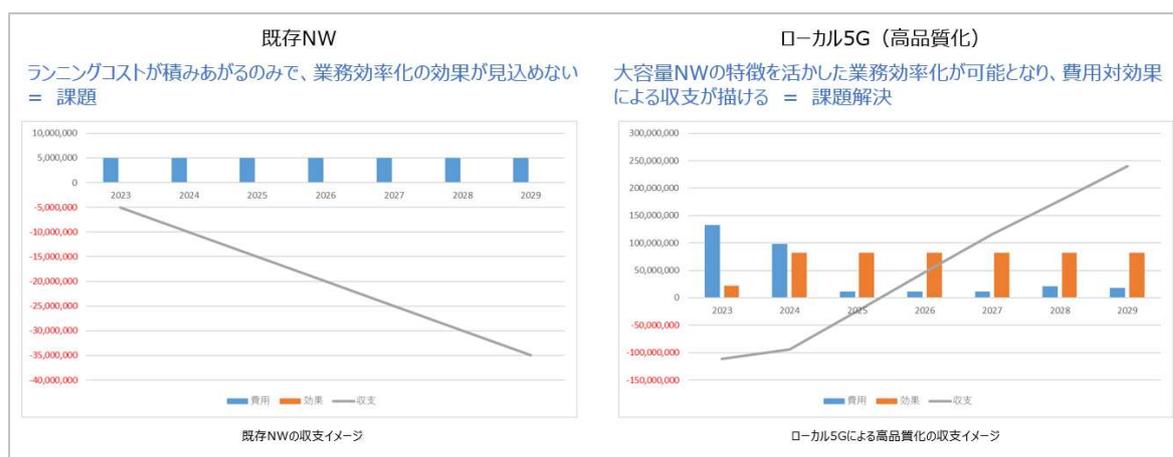


図 4.1-8 既存ネットワークとローカル 5G ネットワーク収支イメージ

令和 3 年度実証では、スマートグラスを活用したコンテナダメージチェックの遠隔化についての導入効果が明らかになったことで、ユースケースによる導入効果を期待した提案は可能となりました。本実証では、既存業務ネットワークの一本化、高品質化の前提で、既存業務ネットワーク更改費用とローカル 5G 導入費用の差額を明らかにし、ユースケースによるコスト削減効果とネットワークの一本化、高品質化による運用コスト削減効果が、費用の差額を上回るのかを検証し、且つ、上回るためには、どのようなユースケース/ソリューションを組合せ、収支計画を描くのかを明らかにします。

本実証により、単体のソリューション提案に加え、港湾業務の更なる DX を推進する総合ソリューション提案を可能にし、提案する活用モデルの実装性を高めることにつながると考えます。

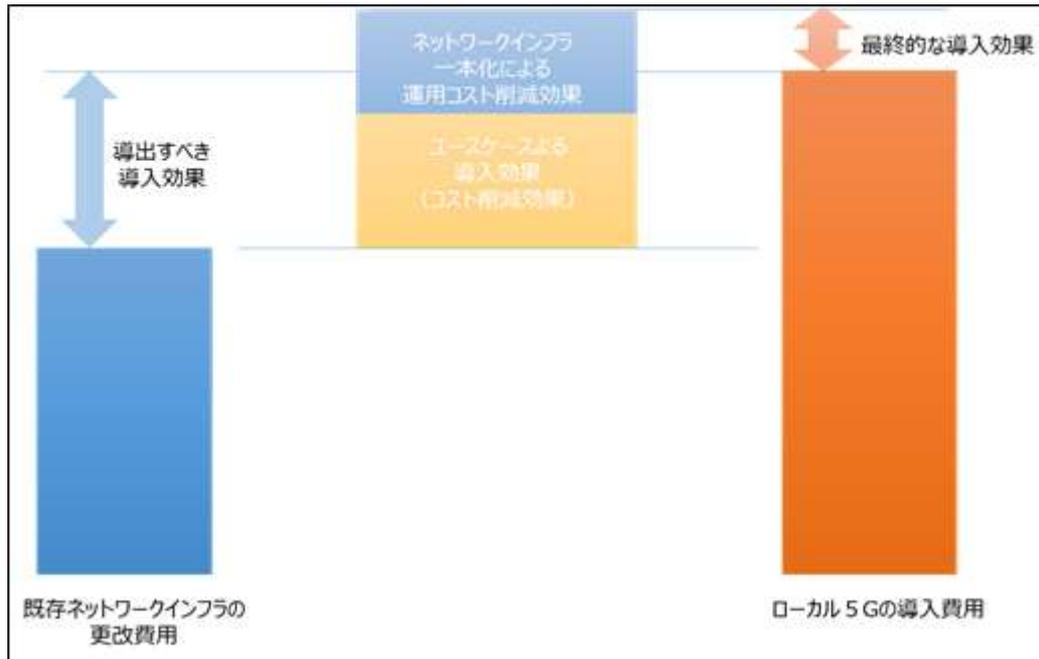


図 4.1-9 ローカル 5G 導入に関する導出すべき効果イメージ

II. プランニングデータの電子データ化によるコンテナターミナルの保管工程業務の効率化

コンテナターミナルオペレーター、港湾システム事業者、コンテナターミナルで業務に従事されている様々なステークホルダーに対し、ヒアリングを行った結果、プランニングデータの電子データ化について、非常に高いニーズがあることが判明しています。

コンテナターミナルオペレーターの経営目線では、より効率的で、より生産性の高い業務が可能となる業務環境を整え、DX を推進したい思いに加え、印刷プリンター導入費用、印刷用紙費用、印刷インク費用などの諸経費の削減を目指したい、と考え、コンテナターミナル業務の従事者については、電子データ化されることで、印刷に関連する稼働、事前の作業工程確認稼働などが不要になることでの非効率な稼働の軽減に加え、より安全に作業を進めたいといった現場目線のニーズが以前よりありました。港湾システム事業者もそのニーズは把握していたものの、リアルタイムでの情報更新が不可欠であることから、既存の業務ネットワークでは、その要件を満たせないため、アプリケーションの検討・開発が進まない背景がありました。

以上のことから、本実証でプランニングデータの電子データ化に取り組み、ローカル 5G ネットワークで今まで実現できなかったソリューションを実現できれば、より実装につながる、ローカル 5G ネットワークの利用価値の向上、費用対効果を高めることにつながると考えます。

- ・ プランニングデータの電子データ化による効果を明確にすること
- ・ 電子データ化した場合に運用上の問題がないことを確認すること
- ・ 業務運用にあたっての必要となるサポート体制を明確にすること

以上の 3 点を定量的に明文化することで本ソリューションの市場価格の算定にもつながり、費用対効果を明らかにできるものと考えます。

I・II について、ローカル 5G 活用モデルを以下のように構築します。

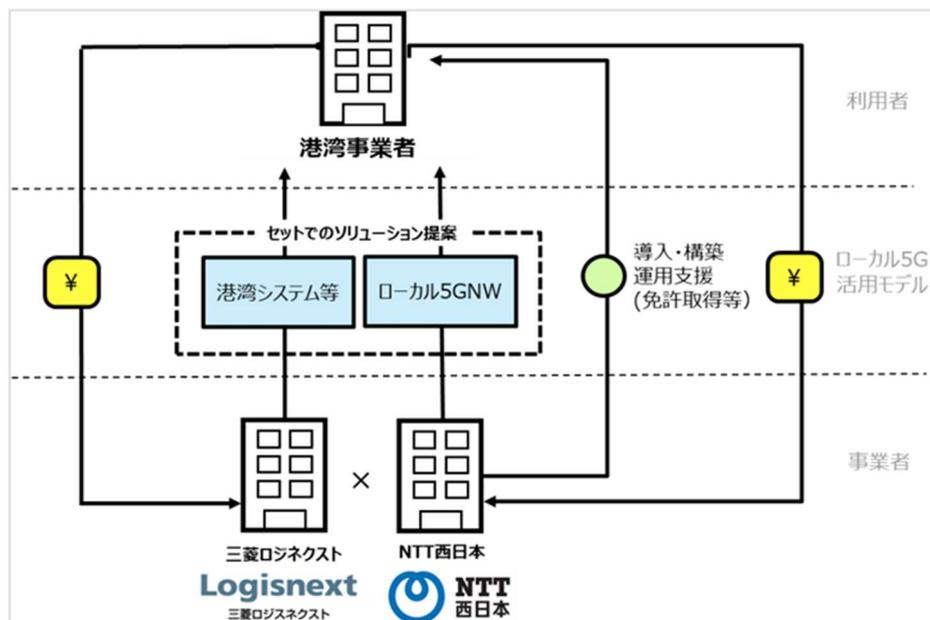


図 4.1-10 ローカル 5G 活用モデル

<想定されるターゲット>

大規模港湾：125 港

※ 我が国には、物流拠点となる大規模港湾が 125 港存在
(国際戦略港湾：5、国際拠点港湾：18、重要拠点港湾：102)

※ 125 港のうち NTT 西日本の管轄エリアに、約 70%が存在
小規模港湾：807 港 (地方港湾)

ターゲットの考え方としては、港湾を 1 つの単位とするのではなく、その中に存在するコンテナターミナル事業者、港湾運送事業者などを想定しております。

また、地方ならではの人手不足、エリアが広大ではなく設備投資費を抑えられ、費用対効果が生まれやすい点を鑑みると、非常に有望なターゲットと考えております。本実証地である、広大な港湾での実績が効果的に作用すると想定しております。

<対象となるシステム、提供・利用方法>

ローカル 5G ネットワークと、港湾関連システム(スマートグラスを用いたダメージチェックシステム、将来的な RTG 等遠隔操作システム、プランニングデータの電子データ化システム等)のセットとするソリューションを想定しています。

提供、利用方法は、一括買い切り、サービス利用型等のパターンを想定しており、活用モデルの有用性については、本実証結果をもとに、大阪港湾以外の港湾事業者へヒアリングを行い、導入意志などの検証を実施します。具体的には、NTT 西日本グループ及び三菱ロジスネクスト社と関係がある港湾よりヒアリングを行い、約 10 港湾程度でビジネスモデルのヒアリングを目標とします。

<体制、スキーム>

NTT 西日本グループと三菱ロジスネクスト社との連携により、全国の物流拠点となる港湾に対して提案を実施します。

表 4.1-1 提案の体制・スキーム

NTT 西日本グループ	ローカル 5G ネットワーク提供、構築、運用各種 ICT ソリューション提供
三菱ロジスネクスト	港湾向けシステムの提案・提供

<横展開>

コンソーシアムメンバーのコネクションを活用し、大阪港、阪神港を始めとする全国の港湾事業者にアプローチ可能と考えます。提案にあたっては、夢洲コンテナターミナル社から実際の導入効果を伝えて頂くなどの方法も効果的と考えられます。

<その他（導入・運用面）>

ローカル 5G の導入・運用については、免許申請等、ユーザーにとっては複雑な面がありますが、NTT 西日本の地域密着の営業及び保守体制を活かし、導入～運用まで一元対応を行います。

(3) ローカル 5G の必然性・必要性

港湾の DX を推進するためには、既存の業務用通信に加えて、港湾 DX ソリューションを機能させることが必要なため、大容量な通信が可能なネットワークが必要になります。コンテナターミナル全域で様々な荷役機器が移動し、1 作業ごとに通信を行う必要があることから、約 1,350m×500m の広大なエリアを対象に環境構築を行う必要があります。

有線の場合は、安全性の観点から埋設施工が必須となり、大規模な投資と工事による業務の中断などを考えるとハードルが非常に高くなります。ローカル 5G であればアンテナ設置箇所等のピンポイントな工事のみで環境が整い、納期や費用面で効果的です。また、他の無線に比べ、高出力でありエリアカバー効率が良いため、電波干渉が起りにくいメリットもあります。

ローカル 5G 以外の無線（5GHz、Wi-Fi など）の場合は、通信可能容量の問題（実測で 20Mbps 程度）で、既存の業務用通信に加えて、更なるデータ通信（例えば RTG 遠隔操作には 15Mbps 程度必要）を行うことは不可能です。

ローカル 5G の特長である大容量通信を活かし、更には、準同期システムを利用することで、港湾業務では重要になる UL 通信の比重を大きくするなどのカスタマイズが可能になり、より業務に適した通信が実現できます。UL 通信に比重を置く理由としては、RTG 等の遠隔操作時には映像伝送が必須になるため、本実証では将来的なガントリークレーン等の遠隔操作を視野に入れて進めて参ります。また、広範囲の電波伝搬も可能なため、コンテナターミナル周辺のトレーラー待機場管理についても、効率的な通信環境を構築することが可能になります。

4.1.3 実証内容の新規性・妥当性

(1) 実証内容の新規性

ローカル 5G を活用した基幹ネットワークを構築し、既存業務通信に加え、令和 3 年度実証及び本実証のソリューションを同一ネットワーク上で機能させた場合の費用対効果を明らかにします。

ローカル 5G 導入費用（機器費、SI 費、工事費、ランニング費…など）

- ・ 各ソリューションに係る費用（機器費、ランニング費…など）
- ・ 各ソリューションの効果（削減費用）
- ・ 既存ネットワークの更改費用

以上をもとに収支計画を作成し、港湾業務ネットワーク全体の総合的な評価を実施します。

令和 3 年度実証や、他事例により RTG 等遠隔操作を含めたソリューション単体については、有用性が確認されているため、港湾業務の基盤を担う、業務ネットワークについてローカル 5G に移行することで大容量の特長を活かした高品質化が実現され、1 つのネットワーク上で、様々な港湾 DX ソリューションが同時に機能されることが可能になります。令和 3 年度実証では、スマートグラスを活用したコンテナダメージチェックの遠隔化など、各ソリューション単位での評価を行いました。本実証では、ローカル 5G が港湾業務ネットワーク全体を担った際の費用対効果と収支計画を明確にし、評価します。これにより、既存無線ネットワークをローカル 5G に更改した場合の費用比較が可能となり、他港湾事業者への横展開時に活用できます。

プランニングデータの電子データ化については、費用対効果を高める目的で、有用性、効果の評価を行います。現状、紙ベースでの確認であったプランニングデータを電子データ化することで、印刷に関する諸経費の削減、RTG による保管工程の効率化が期待でき、リアルタイム性がソリューションのポイントであるため、ローカル 5G の特長が活きるとともに、導入効果を更に高め、作業安全性の向上にも寄与できると考えます。

また、トレーラー待機場の可視化については、港湾業務に係るステークホルダーの共通課題である、トレーラーの平準化に取り組むことで、費用対効果だけではない、ローカル 5G を導入するメリットを追求します。令和 3 年度実証では、周辺道路について同様の実証を行いました。車番認識システムの機能要件確認や、アンケートによる行動変容の可能性についての確認に留まったので、本実証では、「トレーラー待機場の混雑状況可視化サイト（仮）」を立ち上げ、実測による評価をします。

(2) 過年度実証事業との関連性

令和 3 年度開発実証では、「港湾・コンテナターミナル業務の遠隔操作等による業務効率化・生産性向上の実現」について取り組みました。コンテナターミナル内・外の課題と AI ターミナル構想の関連性から、スマートグラスを活用したコンテナダメージチェックの遠隔化では、ゲート処理の効率化を、RTG 等遠隔操作に関する有用性の実証では、コンテナターミナル内の荷役作業の効率化を、4K カメラを活用した外来トレーラーの車両情報伝送と混雑の見える化では、外来トレーラーの行動変容の可能性について、検証を実施しました。

本実証でも港湾業界の課題解決に取り組むことは同じですが、業務効率化・生産性向上のボトルネックになっている業務用ネットワークについて、高品質化を図り、更なる DX を実現できるかを実証としていることが大きな相違点です。

令和 3 年度実証をとおして、新たに明らかになった課題として、港湾業界が抱える課題と港湾でのローカル 5G 普及に必要な課題の 2 点に分類することができます。

< 港湾業界の抱える課題 >

- ① 既存業務用ネットワークの品質向上
- ② 将来の港湾労働力不足に対する対応

< 港湾でのローカル 5G 普及についての課題 >

- ③ 既存業務用ネットワークと比較し、基幹業務ネットワークとしての有用性を明確化
- ④ コンテナターミナル内の変動要素が多い、特殊環境下での最適な置局設計モデル化
- ⑤ ローカル 5G 導入による、費用対効果の精緻化
- ⑥ 更なるユースケースの創出

< 課題の解決策 >

ソリューション I

- ①② : ローカル 5G による大容量通信を可能にし、業務用通信に加え、各種ソリューションを同時に機能できる環境を整え、将来の港湾労働力不足に対する DX を推進する
- ③ : 港湾システム連携の確認を踏まえた無線としての性能評価に加え、機器構成比較による費用差分評価を行う
- ④ : 照明塔を利用した置局設計モデルを構築する
- ⑤ : 既存無線ネットワークとローカル 5G ネットワークとの費用対効果をもとにした、収支計画を作成する

ソリューション II・III

- ⑥ : プランニングデータの電子データ化による保管工程業務の効率化に取り組む
 - ※ターミナルオペレーター、港湾業務従事者、港湾システム事業者へのヒアリングにより、最も課題認識が大きいことが判明
 - ※トレーラー待機場の可視化（周辺道路の混雑状況緩和）
 - ※コンテナターミナル内のソリューションだけではなく、周辺環境に対するソリューション

4.1.4 実証目標

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

【定量目標】

- アップロード通信帯域 110Mbps/1 基地局がカバーするエリア
ローカル 5G ネットワークが、港湾業務の基幹ネットワークとして有用であることを示すため、アップロード通信帯域目標 110Mbps をコンテナターミナル内で予め定めた、測定ポイント（1 基地局がカバーするエリア）で達成できることを目標とします。将来的な RTG 等遠隔操作に必要なアップロード通信帯域は 15Mbps/台と想定し、1 基地局で 4 台の RTG をカバーする場合 60Mbps であり、且つ、残りの 50Mbps で他の業務通信が可能である通信帯域になります。

<内訳：RTG 等遠隔操作に必要なアップロード通信帯域は 15Mbps/台>

- ・ 10Mbps：RTG に取り付けるカメラ映像の伝送に必要な帯域
- ・ 5Mbps：RTG 遠隔操作制御信号の伝送に必要な帯域

<内訳：残り 15Mbps の活用>

- ・ 5～10Mbps：スマートグラスによるコンテナヤード内及び本船上でのコンテナダメージチェック
- ・ 40Mbps：既存業務用通信

- 通信の安定性 最低 3 日間連続の通信試験で通信断“0”

【定性評価】

- 運用、保守面での課題がクリアになっていること
- 既存業務無線ネットワークに比べ、通信接続性が向上していること
- 業務用通信に加え、同時にソリューションが機能すること
- ローカル 5G ネットワーク導入の費用対効果が明確で、収支計画が作成できること

II. プランニングデータの電子データ化によるコンテナターミナルの保管工程業務の効率化

【定量目標】

- ダウンロード通信帯域 100Mbps/1 基地局がカバーするエリア
※本実証内では、実際の運用まで実施することはできないため、効率化・生産性の向上の定量目標は定めないこととします。

【定性目標】

- 紙運用（現状の運用）に比べて、遜色のない運用が可能であること
- 運用フローなど、保守面も含めた体制が整っていること
- RTG オペレーターにとって扱いやすい、分かりやすい、安全性向上可能な設計であること
- 港湾システムとの連携に問題がないこと

III. トレーラー待機場の混雑状況の可視化による車両平準化

【定量目標】

- アップロード通信帯域 5Mbps／カメラ
- 車両平準化 約 30%～40%の緩和
※昨年度実証のアンケート結果「現在の混雑情報が出発前に分かると、混雑を避け空いている時間でゲートに向かいますか。」では、約 40%が混雑を避けた行動変容を起こすと回答しています。

【定性目標】

- アンケートにより、有効性を確認すること
- ソリューションの改善ポイントが明確であること
- 運用、保守面で課題がないこと、もしくは、解決策の実行が可能であること

4.2 実証環境

本実証地である夢洲コンテナターミナル埠頭用地は、岸壁 1,350m、奥行 500m を有する広大なコンテナターミナルです。ターミナル内には、ガントリークレーン 9 基、トランスファークレーン (RTG) 24 基、トップリフター12 基などの荷役機器及びトレーラー46 台がターミナル内を行き来し、データ通信を行いながら業務を行っています。

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」及びソリューション II 「プランニングデータの電子データ化によるコンテナターミナルの保管工程業務の効率化」においては、全ターミナル内でローカル 5G による通信が必要であるため、ターミナル内の照明塔に基地局を設備しエリア設計しました。

ターミナル内の照明塔全 11 基のうち、8 基に基地局を設備しました。指向性アンテナにより、基本的にはコンテナに対し電波が平行に発射することで、コンテナによる遮蔽影響を低減する設計を実施しました。

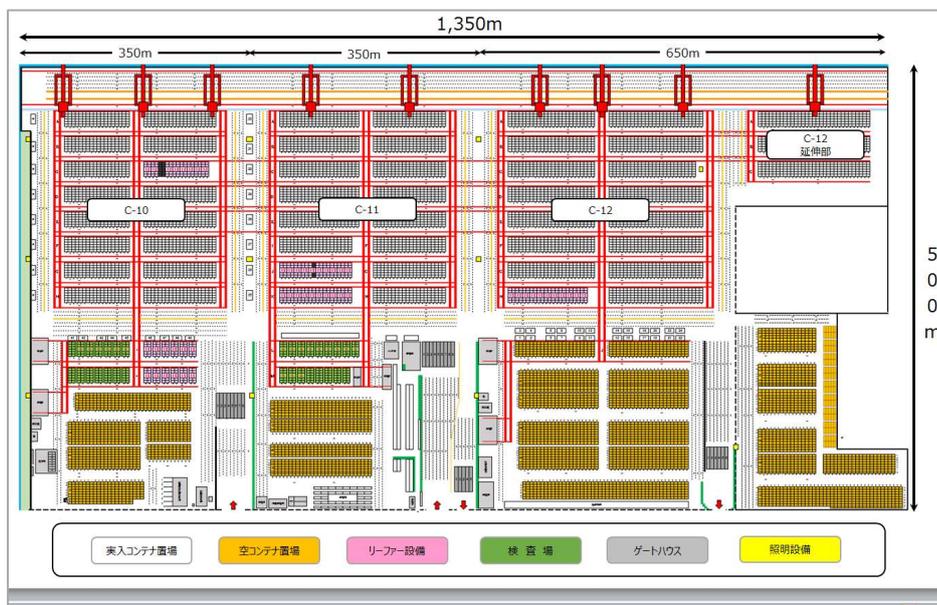


図 4.2-1 夢洲コンテナ埠頭用地の概要

		C-10	C-11	C-12	C-12 延伸部
岸壁	延長	350m	350m	400m	250m
	水深	-15m	-15m	-16m	-16m
	係船能力	60,000DWT	60,000DWT	100,000DWT	100,000DWT
ヤード	最大蔵置能力（実入）4段積み	7,152TEU	7,680TEU	9,450TEU	-
	最大蔵置能力（空）5段積み	4,371TEU	2,688TEU	9,654TEU	5,748TEU
	冷凍プラグ数	342個	470個	198個	-
	危険物	18TEU	18TEU	18TEU	-
ゲート	IN	8レーン	9レーン	-	-
	OUT	-	5レーン	6レーン	-
その他		<p>【荷役機器】 ガントリークレーン C-10 3基、C-11 2基、C-12 4基、合計9基 18列対応 定格荷重（コンテナ）：40.6t、（重量物）：50.0t アウトリーチ：50.5m レールスパン：30.5m 免震化構造</p> <p>トランスファークレーン（RTG） 24基 5段積置 6段目クリア トップリフター 12台 5段積置対応</p> <p>【主な施設】 マリンハウス、受変電施設、作業員休憩所、給油所、コンテナ洗浄場、危険物庫、トラックスケール等</p>			

図 4.2-2 夢洲コンテナターミナル 施設及び荷役機器



トランスファークレーン（RTG）

トップリフター

ガントリークレーン

出典：（夢洲コンテナターミナル社会社概要パンフレットより）

図 4.2-3 主な荷役機器の写真

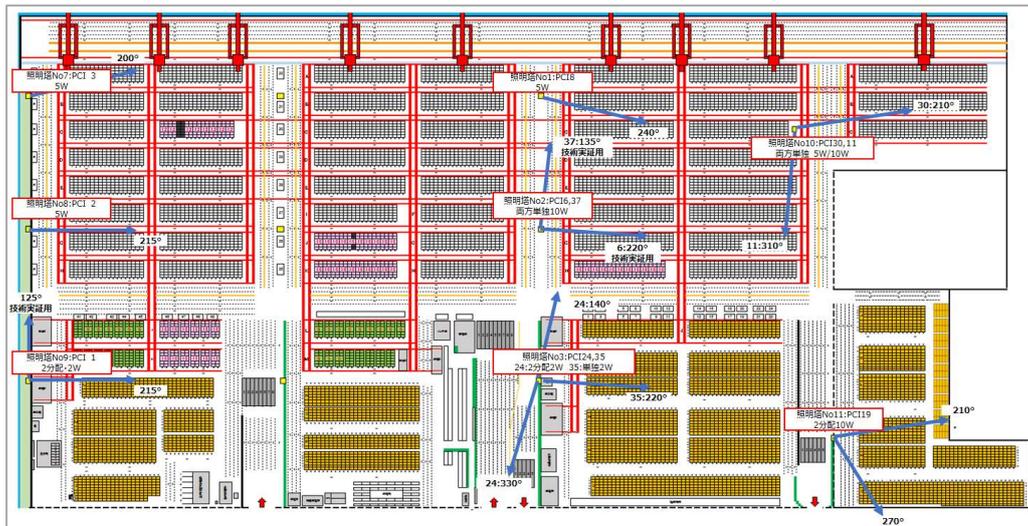


図 4.2-4 基地局の設置位置及び電波発射方向

照明塔 No1、7、8、は単独で基地局を設置、照明塔 No2、10 は基地局 2 局をそれぞれ単独で設置、照明塔 No9、11 は基地局を 2 分配しアンテナ設置、照明塔 No3 については 1 つは基地局を分配、1 つは単独で設置しています。

また、コンテナターミナルから約 300m 離れたトレーラー待機場には入場口、出場口に計 4 台の HDTV カメラを設置、CPE でローカル 5G の電波を受けて、管理棟サーバー室に設置の車番認証システムと連携させました

4.3 実施事項

4.3.1 ローカル 5G 活用モデルの有効性等に関する検証

(1) 機能検証

1) 検証項目

ソリューション I～III について、評価・検証項目を以下に記します。

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

日本最大級の広大な夢洲コンテナターミナル埠頭用地では、様々な荷役機器がターミナル内全域を行き来し、データ通信を行いながら業務を行っています。

例として、本船からの荷揚げ業務の流れを説明します。ガントリークレーンが本船からのコンテナを吊り上げ、足元に移動してきたトレーラーにコンテナを積みます。次に、トレーラーは、コンテナ蔵置箇所まで待機している RTG まで移動し、コンテナを受け渡します。RTG はトレーラーから受け取ったコンテナを指定の場所に蔵置します。荷揚げ・積込みをガントリークレーンが行い、トレーラーがガントリークレーンの足元まで移動し荷揚げ・積込みをするコンテナを受け渡しします（本船へ積込む場合は、逆の流れになります）。繁忙期では、コンテナ数千本を 1 日に対応することがあります。

一つ一つのコンテナを間違わないように目視でコンテナナンバーを確認し、各工程でコンテナデータを送信することでデータベースに格納し業務を進めています。

コンテナデータを取扱う主な業務通信は、4 種類あります。

- | |
|---|
| <ol style="list-style-type: none">1. 本船荷役データ
本船荷役に必要な揚積リストを受信し、コンテナダメージチェック・シールチェックの結果、RTG・トップリフター・トレーラーへの作業指示を送信します。2. コンテナ蔵置データ
本船指示データの受信や作業完了データの送信し、GPS 位置情報を活用した車両・荷役位置データの検知し、送信します。3. リーフターコンテナ温度管理データ
リーフターコンテナ（冷蔵機能付きコンテナ）の温度モニタリング結果・電源プラグの抜き差し管理データを送信します。4. コンテナチェックデータ
ゲートでのコンテナチェック結果（コンテナ番号照合・ダメージチェック・シールチェック）を送信します。 |
|---|

以上のデータをデータベース化し、コンテナターミナル管理システムの各種ソフトウェアと連携させることで円滑な業務運営を実現しています。

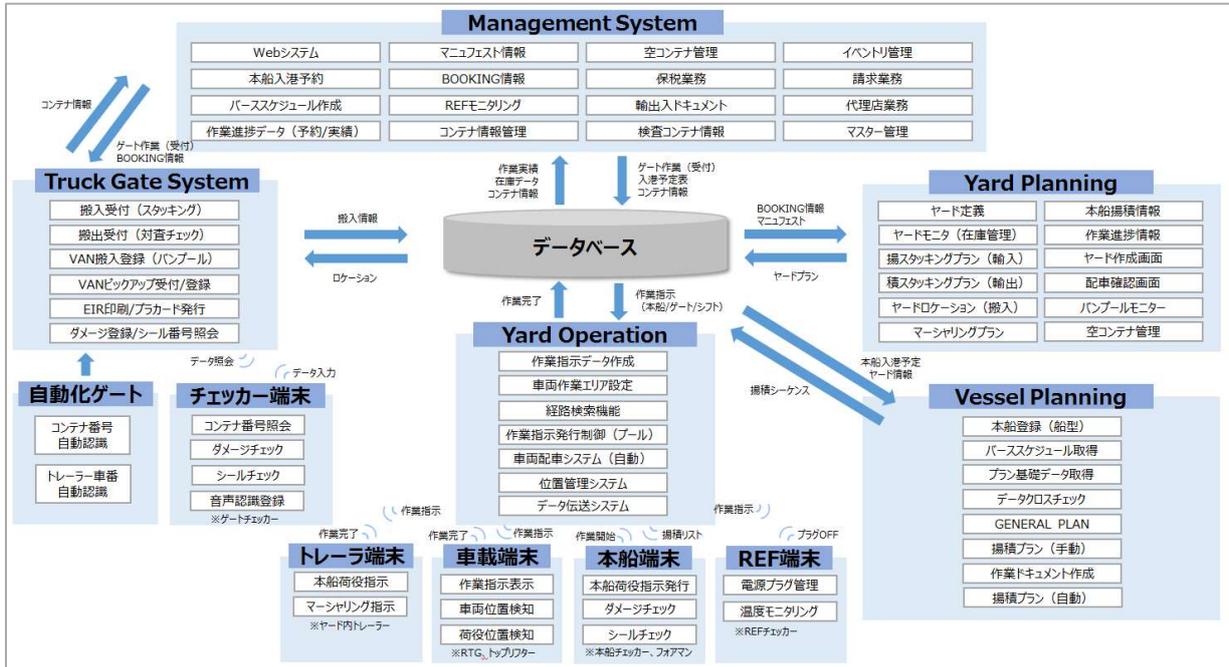


図 4.3-1 コンテナターミナル管理システム概要図

各業務のデータ通信量を以下の通り試算しました。

1. 本船荷役データ (1 送受信あたり=1M)
 - ・ 本船荷役で使用される本船端末は、30 台あります。
 - ・ $30 \text{ 台} \times 1\text{M} = 30\text{Mbps}$
2. コンテナ蔵置データ (1 送受信あたり=1M)
 - ・ コンテナ蔵置の保管工程業務で使用される車載端末は、RTG・トップリフター・トレーラーの 3 種類あります。それぞれ、24 台・12 台・46 台です。
 - ・ $(24 \text{ 台} + 12 \text{ 台} + 46 \text{ 台}) \times 1\text{M} = 82\text{Mbps}$
3. リーファーコンテナ温度管理データ (1 送受信あたり=1M)
 - ・ リーファーコンテナ温度管理業務で使用される REF 端末は、8 台あります。
 - ・ $8 \text{ 台} \times 1\text{M} = 8\text{Mbps}$
4. コンテナチェックデータ (1 送受信あたり=1M)
 - ・ コンテナチェック業務で使用されるチェッカー端末は、28 台あります。
 - ・ $28 \text{ 台} \times 1\text{M} = 28\text{Mbps}$
 - ・ 合計で、148Mbps の帯域が必要です。

表 4.3-1 夢洲コンテナターミナルで必要な業務データ量

業務データ	通信量：単位	端末台数	必要帯域：単位	通信方向
本船荷役データ	1	30	30	Mbps UL/DL
コンテナ蔵置データ (RTG)	1	24	24	
コンテナ蔵置データ (トップリフター)	1	12	12	
コンテナ蔵置データ (トレーラー)	1	46	46	
リーファーコンテナ温度管理データ	1	8	8	
コンテナチェックデータ	1	28	28	
合計		148	148	

5. 1 バースあたりの業務データ通信量

- 各業務データ通信は、コンテナターミナル内のバース (C10・C11・C12・C12 延伸部) に分けて行われるため、合計の 148M を 4 つに分けます。
- $148\text{Mbps} \div 4 \text{バース} = 37\text{Mbps}$

現行の業務無線である、5GHz 帯無線アクセスシステムの通信帯域は 30Mbps 程度のため、通信輻輳した場合、スムーズにデータ送受信が行えない事象が発生してしまいます。

また、現行の業務通信以上の DX を実現するような通信 (例えば、スマートグラスを活用したコンテナダメージチェックの遠隔化 (※昨年度実証)・プランニングデータの電子化 (※本年度実証)・将来的な RTG 遠隔操作など) を行うためには、ローカル 5G を活用した業務ネットワークの高品質化・大容量化が必要です。そのために、コンテナヤード全体におけるローカル 5G での通信帯域を実測しました。

【目標】

- 1 基地局あたりのスループットについて、iPerf 測定により 110Mbps (UL/DL) を確認する。
- 目標値の根拠は、以下の通りです。
 - 現行の業務通信：40Mbps
 - スマートグラスを活用したコンテナダメージチェックの遠隔化：5M (SVGA/30fps 設定)
 - プランニングデータの電子化：5M
 - 将来的な RTG 遠隔操作：15M×4 台=60M

※前述の通り、夢洲コンテナターミナルでは 24 基の RTG が配備されています。本実証では、基地局を 11 局設備し、うち、RTG 稼動範囲内の基地局は 9 局です。1 基地局あたり RTG を 4 台カバー (基地局から約 300m の範囲内に RTG4 台が稼動する想定) すれば十分なスループットを確保できます。

※過去に実施した 5GHz 帯無線アクセスシステムでの検証データを参考に目標設定しました。

※遠隔操作に必要な RTG に設置の映像データ送受信に 10Mbps、制御操作信号のデータ送受信に 5Mbps が通信機能要件となり、15Mbps/台が必要です。

- 計 110M になります。

II. プランニングデータの電子データ化によるコンテナターミナルの保管工程業務の効率化

ローカル 5G ネットワークが、RTG30 台に対してのリアルタイム送信が可能な通信帯域を有しているかを測定します。

- ・ II-①：ローカル 5G ネットワークの通信帯域 (DL)

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から約 200～300m 離れた地点に存在する、トレーラー待機場の出入口に計 4 台の HDTV カメラを設置し、通信可能かを検証します。実証フィールドである DICT 社「背後」のトレーラー待機場は屋外に区画があり、屋根等による遮蔽物のない環境です。このフィールドにおいて日の出付近から日没後の期間にトレーラー待機場に右左折して入場する、または退場するトレーラーのナンバープレートカメラ映像から取得します。トレーラーの通過ルートはある程度散らばっており、車番認識エンジンソフトウェアにおいて解像度が 1280×960 の場合の推奨撮影幅は 3.6m となっているのに対して、解像度が 1920×1080 の場合は推奨撮影幅が 4.0m となっているため、解像度が 1920×1080 であるカメラはより多くのトレーラーを捉えることができると想定されます。更にこのカメラは 1920×1080 の解像度のカメラとしては高感度であり、暗い場所でもノイズの少ない鮮明な映像を撮影することができます。これらにより上記にある環境でもナンバープレートを認識可能な精度の映像を取得することができるカメラを設置しました。

このカメラによって撮影された映像データの通信が乱れや大きな遅延なく、送信ができていることを確認します。

- ・ ローカル 5G ネットワークの通信帯域 (UL)

2) 検証方法

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

コンテナターミナル内を網羅的に測定するため、測定ポイントを 80 地点設けました。岸壁エリア・コンテナ間のレーン上、空コンテナプールエリア等、様々な場所での測定を実施しました。

図 4.3-2 の青丸部が測定ポイントです。

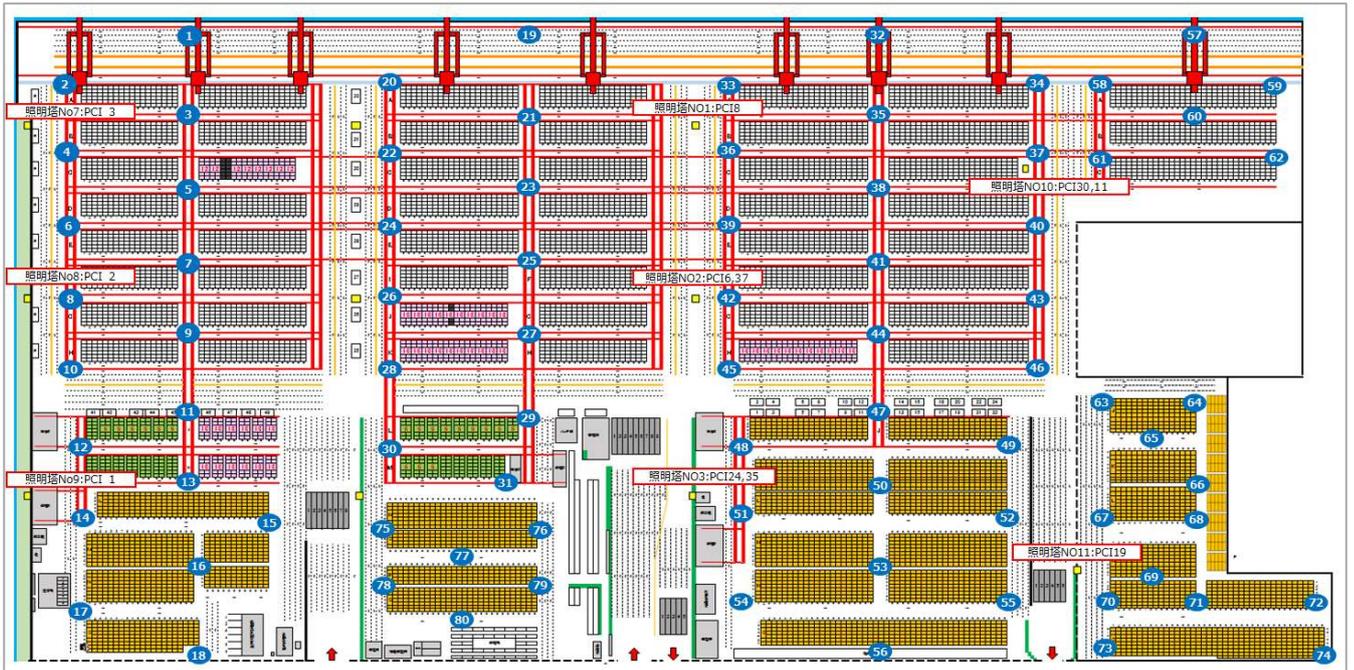


図 4.3-2 測定ポイント(青丸内の番号は測定 No)

1 基地局あたりのスループットについて、iPerf 測定により 110Mbps (UL/DL) を確認する方法としては、検証用測定 PC に APAL 社 RAKU+ を接続し、測定 PC 側で sigma LA を起動の上、iPerf3 を実行します。

これにより、測定ポイントごとの PCI (基地局の固有番号) を把握できます。

測定区間は、ローカル 5G システムの L3SW 配下に設置した PC (サーバー側) からクライアント側 PC (端末) となります。ローカル 5G システムから RU 及びアンテナ等の電波を発射する装置区間 (RAN)、ローカル 5G 無線区間、ローカル 5G 受信機 (CPE)、端末を含めた区間を測定することでローカル 5G システム全体のスループットを測定しました。

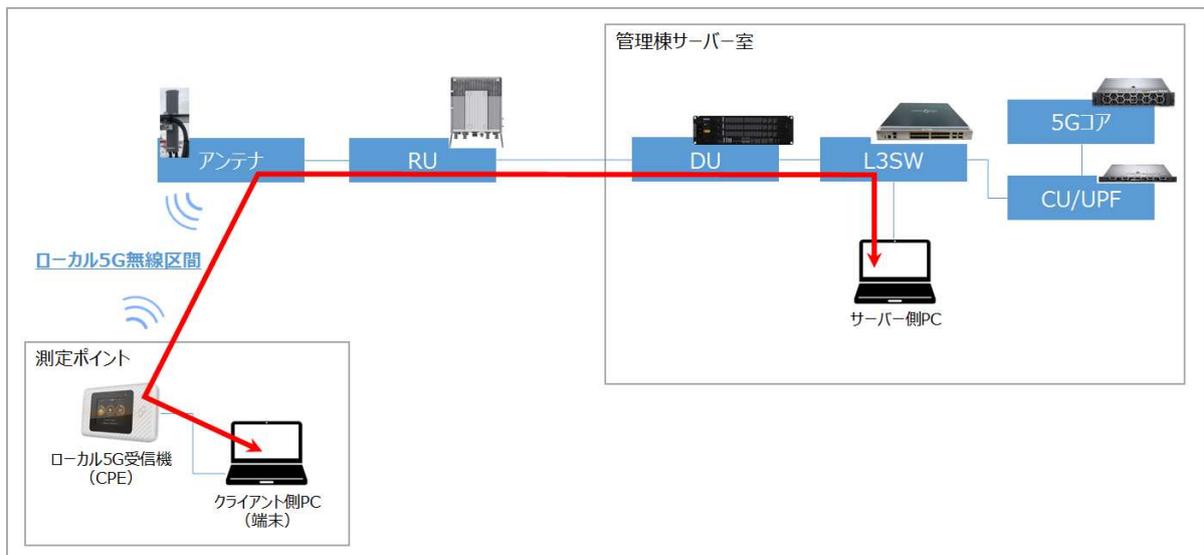


図 4.3-3 測定区間(赤線部が測定区間)

実施した測定コマンドは以下になります。

- iPerf3 のコマンド :

```
iperf3 -c 192.168.241.2 -b500M -l1400 -u -t30
```

```
iperf3 -c 192.168.241.2 -b500M -l1400 -u -t30 -R
```

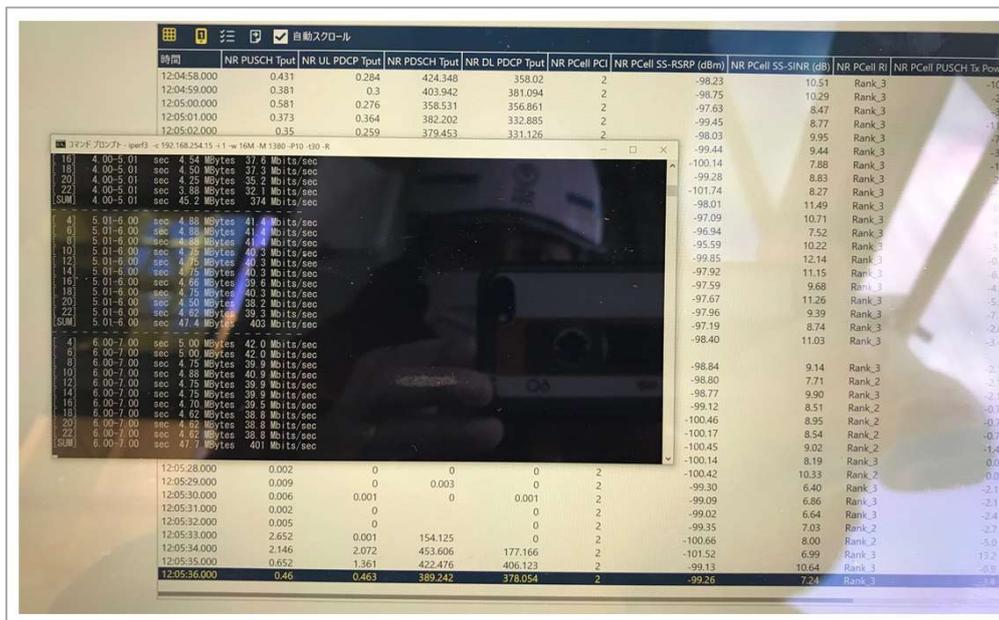


図 4.3-4 iPerf3 実行コマンドと sigma LA 起動画面

また、将来的な RTG 遠隔操作を見据えた、スループット測定及び無線区間の遅延測定、映像遅延時間測定を実施しました。

測定方法は以下の通りです。それぞれ RTG の運転台（地上約 20m）にて測定を実施しました。

- スループット測定：検証用測定 PC に APAL 社 RAKU+を接続し、測定 PC 側で sigma LA を起動の上、iPerf3 を実行
- 無線区間の遅延測定：Anritsu MT1000A Network Master Pro（測定器）に APAL 社 RAKU+を接続し、RFC2544（遅延測定のアプリケーション）を実行
- 映像遅延測定：2 台のスマートフォン（ストップウォッチアプリケーション）を活用し、4K カメラ越しに撮影、4K モニターに映し出されたストップウォッチタイムと手元のストップウォッチタイムを比較

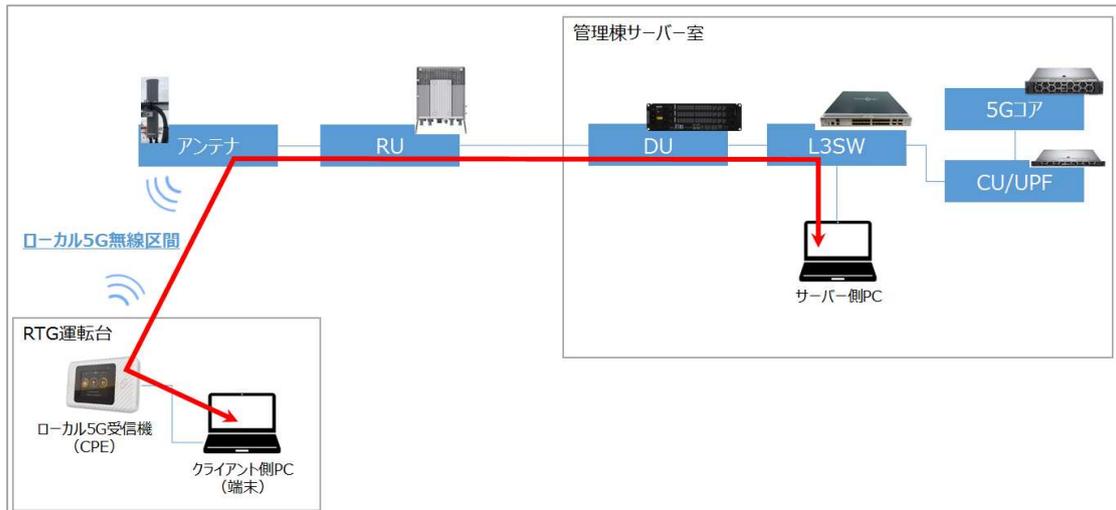


図 4.3-5 RTG スループット測定区間(赤線部が測定区間)

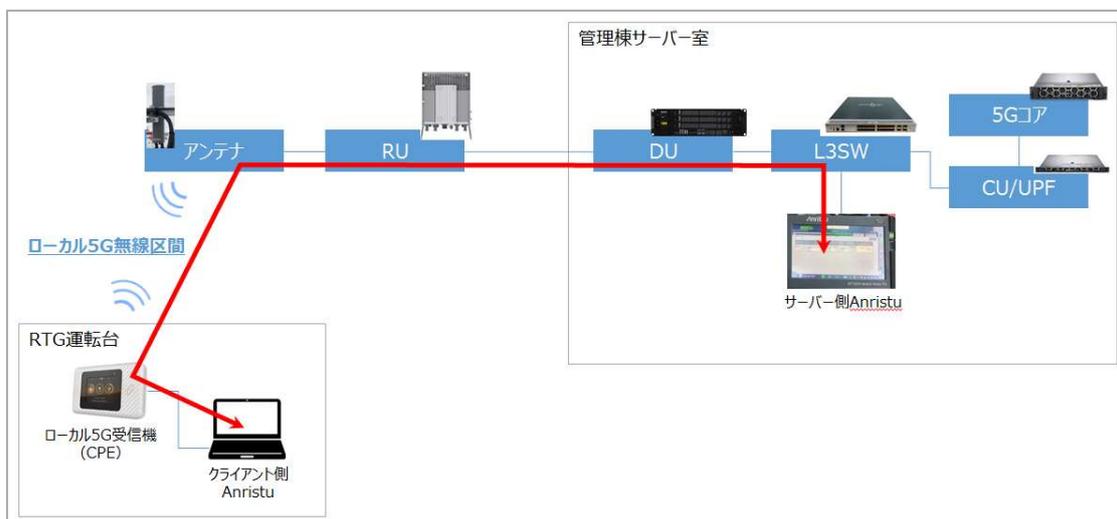


図 4.3-6 RTG 無線区間遅延測定(赤線部が測定区間)

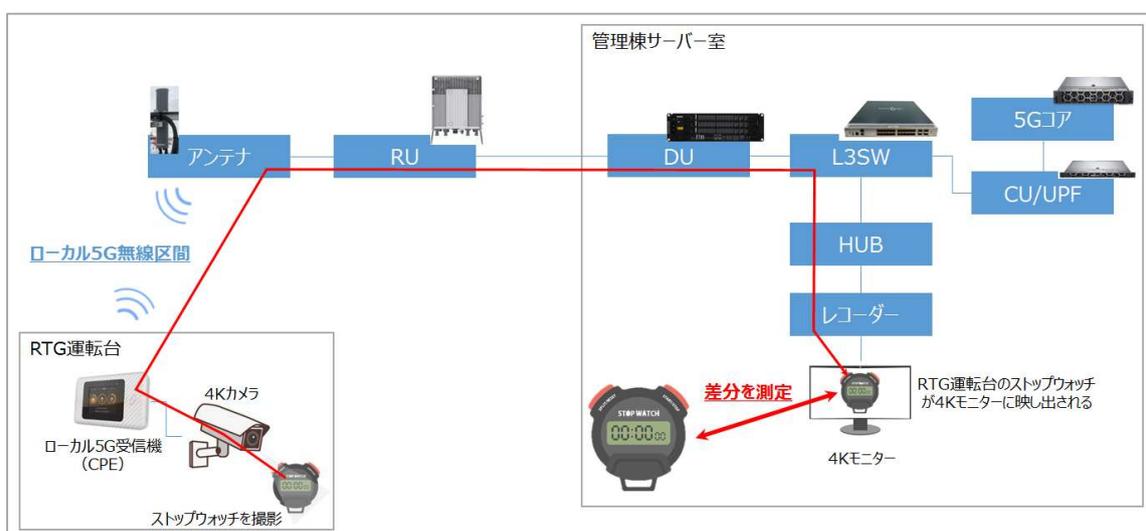


図 4.3-7 映像遅延測定イメージ

II. プランニングデータの電子データ化によるコンテナターミナルの保管工程業務の効率化

iPerf によるスループット測定を実施します。

【目標】 DL 100Mbps/1 基地局がカバーするエリア

評価・検証方法の概要、詳細は以下の通りとなります。当初想定していた、iPerf によるスループット測定に加え3日間連続してping試験を実施することで安定運用できることを確認しました。

II-①の評価・検証項目に対する評価・検証方法の概要は以下の表となります。

表 4.3-2 スループットの評価・検証方法

評価・検証項目	評価・検証方法
① スループット	<p><u>iPerf/ping による評価・検証を実施</u></p> <ul style="list-style-type: none">RTGは最大約1,000m移動するため、ローカル5G基地局からの距離も変動する。ヤード内15ヶ所のスループット(DL)をiPerfにより値を取得し、評価するヤード内での長期的な通信品質確認補助を目的として、RTG3台に対してping疎通試験を実施し、ping応答時間を測定する <p>【目標数値(機能要件)】</p> <ul style="list-style-type: none">管理塔→RTG(DL)：100Mbps/1基地局がカバーするエリア <p>※本ソリューションに必要な帯域：1RTGあたり、約2.8MBのデータ量となるため、本実証地で稼動するRTG30台に換算した場合、84MBになります。</p> <ul style="list-style-type: none">ping応答時間については、補助的運用のため評価しない

II-①の評価・検証項目に対する現状・前提条件は以下の通りとなります。

【前提】

ヤード内のRTGが動作する可能性があるエリア16ポイントを測定ポイントとして、①スループットを測定しました。

ping疎通試験については、3日間連続試験を実施することで、ヤード内のRTGが動作する可能性があるエリアを網羅的に測定しました。

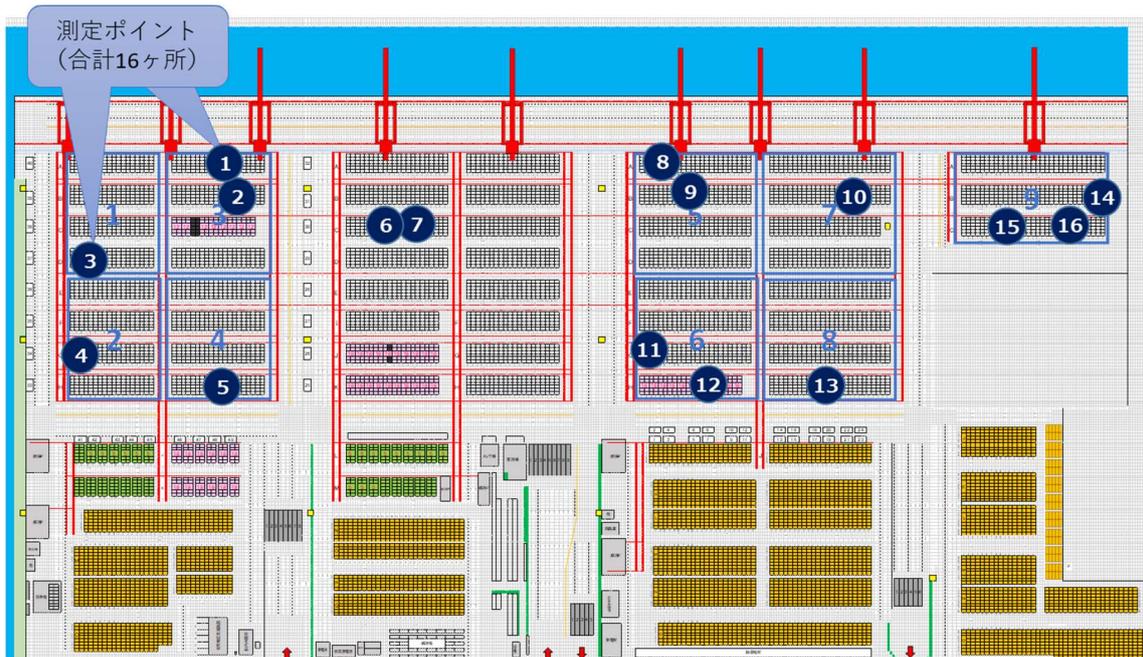


図 4.3-8 測定ポイント(16ポイント)

<II-①：スループット>

ヤード内の 16 ポイントにおいて、iPerf を用いて、測定を実施しました。

ヤード内を移動する RTG 上で 3 日間連続で ping 測定を実施しました。

なお、RTG 側については、地上高約 21m 部分の RTG 上部に CPE を設置して測定を実施しております。

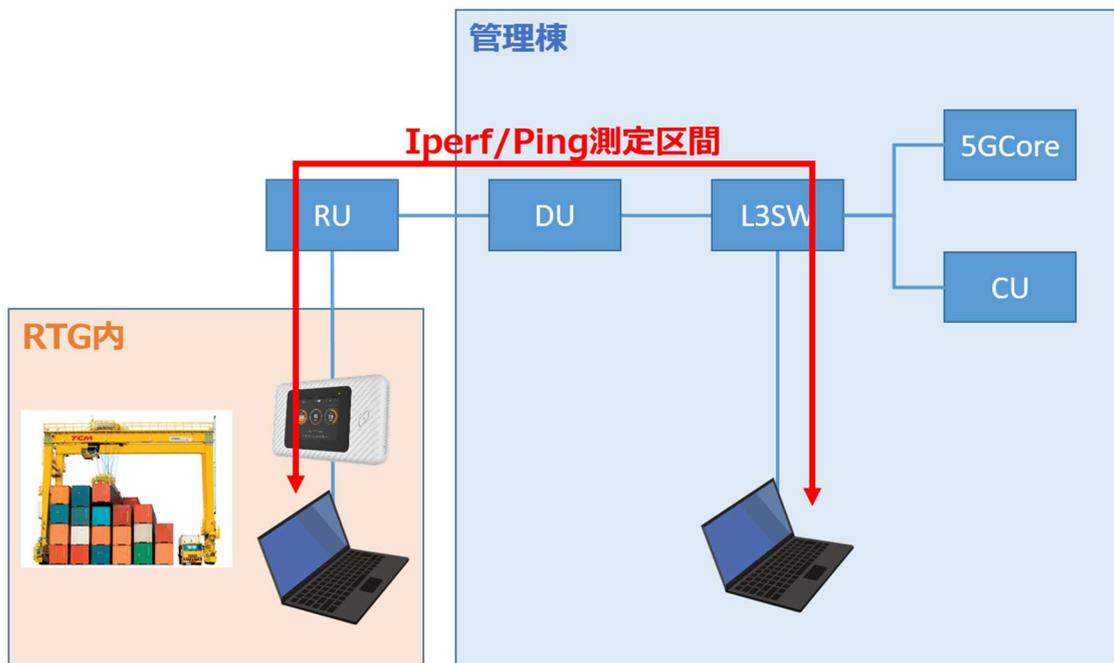


図 4.3-9 iPerf/ping 測定区間

Ⅱ－①の評価・検証項目に対する目標値は以下の通りとなります。

表 4.3-3 スループットの評価・検証方法

評価項目		実証目標	
Ⅱ－①	スループット	管理塔→RTG(DL)	100Mbps/台
		ping	※ping 応答時間については、補助的運用のため評価しない

<Ⅱ－①：スループット>

1RTGあたり、約2.8MBのデータ量となるため、本実証地で稼動するRTG30台に換算した場合、84MBになります。本実証では、100Mbpsを目標値として設定しました。

III. トレーラー待機場の混雑状況の可視化

5G受信器が設置されているトレーラー待機場の入場ゲートと退場ゲートにおいて、iPerfによるスループット測定を実施しました。またこの測定は、設置された入場ゲートカメラや退場ゲートカメラがローカル5Gを用いた通信を行っている場合と、行っていない場合のそれぞれにおいて測定を実施しました。

【目標】 UL20Mbps



図 4.3-10 スループット測定位置

3) 検証結果及び考察

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

<目標>

1 基地局あたりのスループットについて、iPerf 測定により 110Mbps (UL/DL) を確認する。

<検証結果>

全ての基地局で 110Mbps (UL/DL) 以上のスループットを実測し、目標を達成しました。
再度、測定ポイント 80 地点を以下に記します。

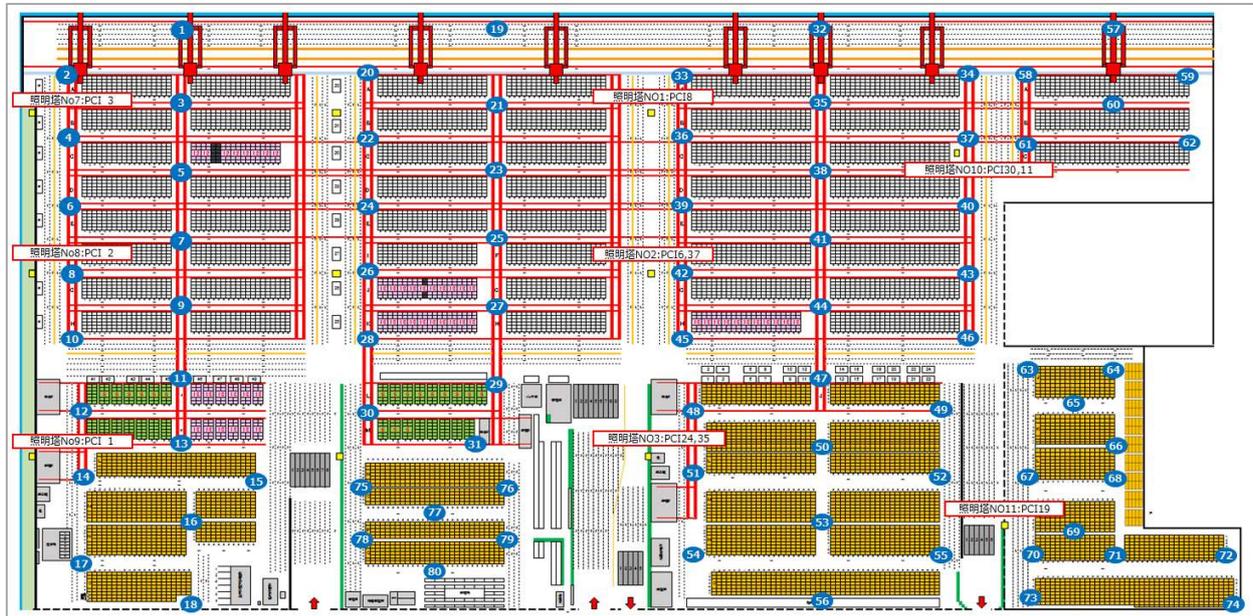


図 4.3-11 測定ポイント(青丸内の番号は測定 No)※再掲

C10 バース岸壁側の照明塔 No7 に設置の基地局 (PCI:3) がカバーするエリアでは、平均スループットとして、UL237Mbps、DL424Mbps を確認できました。最大スループットでは、UL367Mbps、DL758Mbps を確認できました。基地局から約 360m 離れた C11 バースでも UL130Mbps、DL212Mbps を確認できました。

表 4.3-4 照明塔 No7 基地局(PCI:3)のスループット

測定No	平均		最大UL		平均		最大DL		NR PCell PCI	平均 NR PCell SS-RSRP (dBm)
	NR UL	PDCP Tput	NR UL	PDCP Tput	NR DL	PDCP Tput	NR DL	PDCP Tput		
1		241		262		427		438	3	-82.4
2		275		285		538		581	3	-85.9
3		331		367		626		758	3	-82.8
4		278		295		499		552	3	-88.9
5		262		271		380		468	3	-94
20		148		167		290		331	3	-96
22		130		136		212		238	3	-99.7
平均				237.9				424.6		-90.0

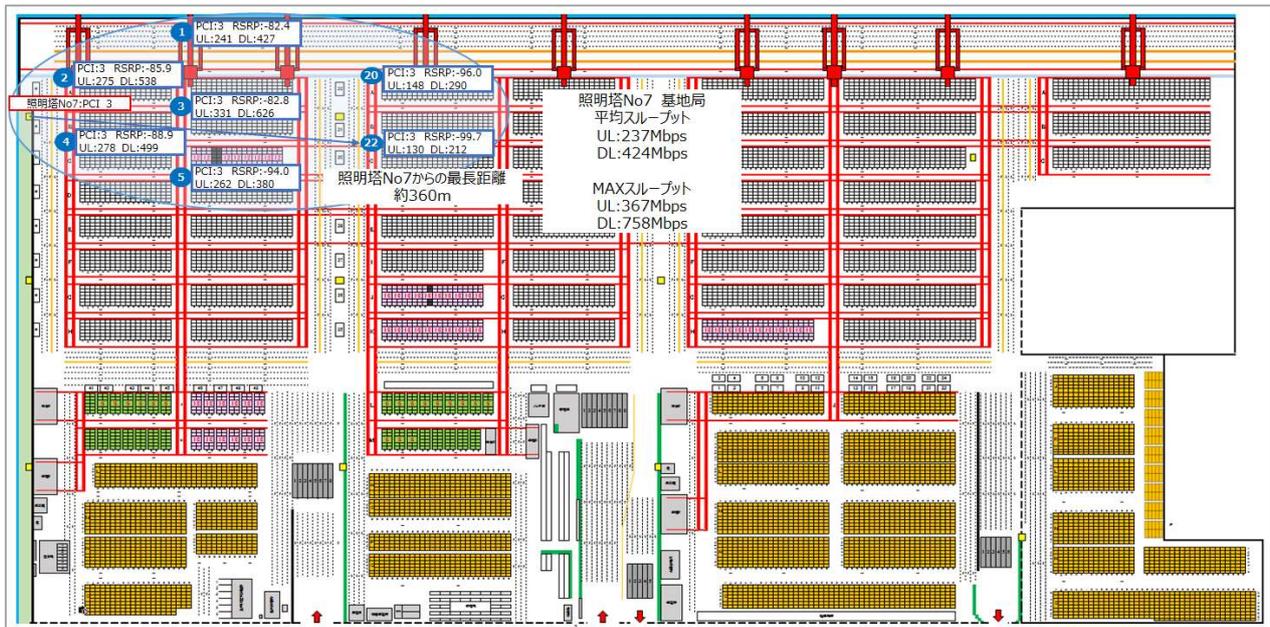


図 4.3-12 照明塔 No7 基地局カバーエリアの実測値

C10 バースの照明塔 No8 に設置の基地局 (PCI:2) がカバーするエリアでは、平均スループットとして、UL212Mbps、DL366Mbps を確認できました。最大スループットでは、UL295Mbps、DL640Mbps を確認できました。基地局から約 520m 離れた C11 バースでも UL159Mbps、DL253Mbps を確認できました。

表 4.3-5 照明塔 No8 基地局(PCI:2)のスループット

測定No	平均		最大UL		平均		最大DL		NR PCell PCI	平均 NR PCell SS-RSRP (dBm)
	NR UL	PDCP Tput	NR UL	PDCP Tput	NR DL	PDCP Tput	NR DL	PDCP Tput		
6		222		239		324		368	2	-88.1
7		282		291		521		577	2	-81.5
8		287		295		514		568	2	-85.5
9		278		295		568		640	2	-82.8
10		168		188		295		309	2	-94.9
11		253		271		508		606	2	-89.9
13		274		282		413		478	2	-93.6
24		162		181		322		335	2	-95.8
26		182		288		301		356	2	-99.9
27		159		183		253		281	2	-99.5
28		207		215		250		258	2	-102.3
30		151		169		251		269	2	-93
75		134		147		242		262	2	-97.2
平均				212.2				366.3		-92.6

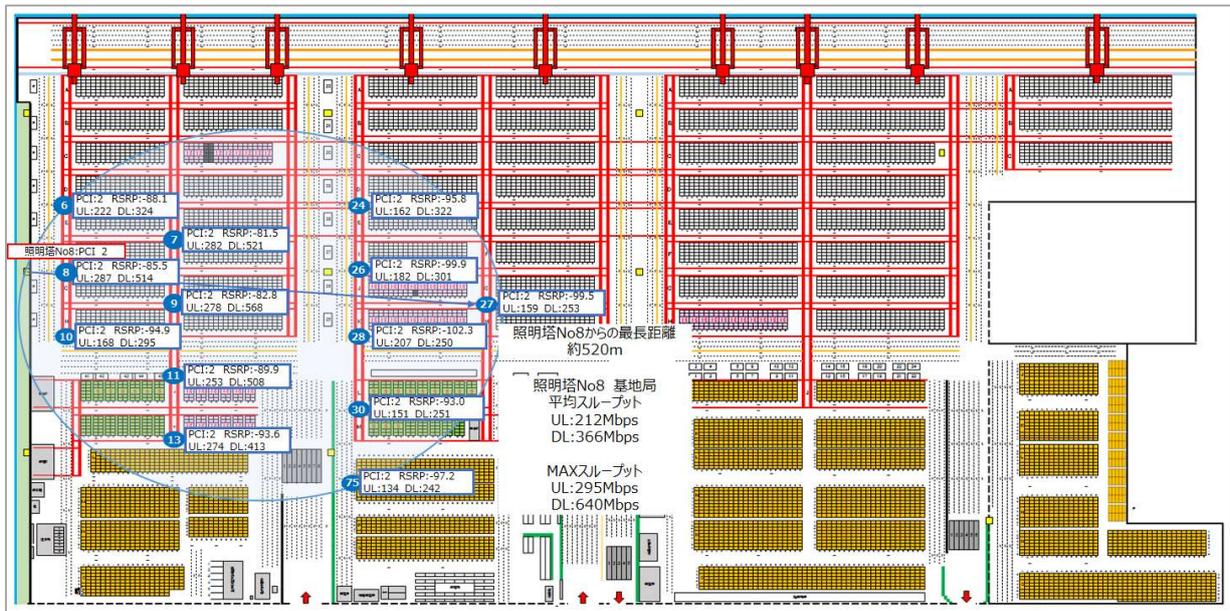


図 4.3-13 照明塔 No8 基地局カバーエリアの実測値

C10 バースの照明塔 No9 に設置の基地局 (PCI:1) がカバーするエリアでは、平均スループットとして、UL124Mbps、DL268Mbps を確認できました。最大スループットでは、UL217Mbps、DL517Mbps を確認できました。基地局から約 520m 離れた C11 バースでは UL51Mbps、DL208Mbps を確認できました。

測定ポイント 18、29、78、80 で平均スループットを下回る結果となりましたが、このエリアはトレーラー及びトップリフター車載端末、REF 端末の通信が主になりますので通信要件は満たしていると判断できます。C10 エリアの空コンテナが遮蔽となり、電波強度が弱くなりスループットが低下したと考えられます。本実証で設置していない照明塔に新たな基地局を新設するなど、改善は可能です。

表 4.3-6 照明塔 No9 基地局(PCI:1)のスループット

測定No	平均	最大UL	平均	最大DL	NR PCell PCI	平均 NR PCell SS-RSRP (dBm)	
	NR UL PDCP Tput	NR UL PDCP Tput	NR DL PDCP Tput	NR DL PDCP Tput			
12		174	189	235	255	1	-92.3
14		194	208	364	411	1	-97.5
15		185	204	349	422	1	-95.5
16		108	122	250	271	1	-104.3
17		207	217	421	517	1	-101.6
18		61	75	247	282	1	-107.1
29		51	71	208	231	1	-96
31		169	194	309	329	1	-89
78		34	42	106	133	1	-113.3
80		60	72	199	206	1	-108.4
平均			124.3		268.8		-100.5

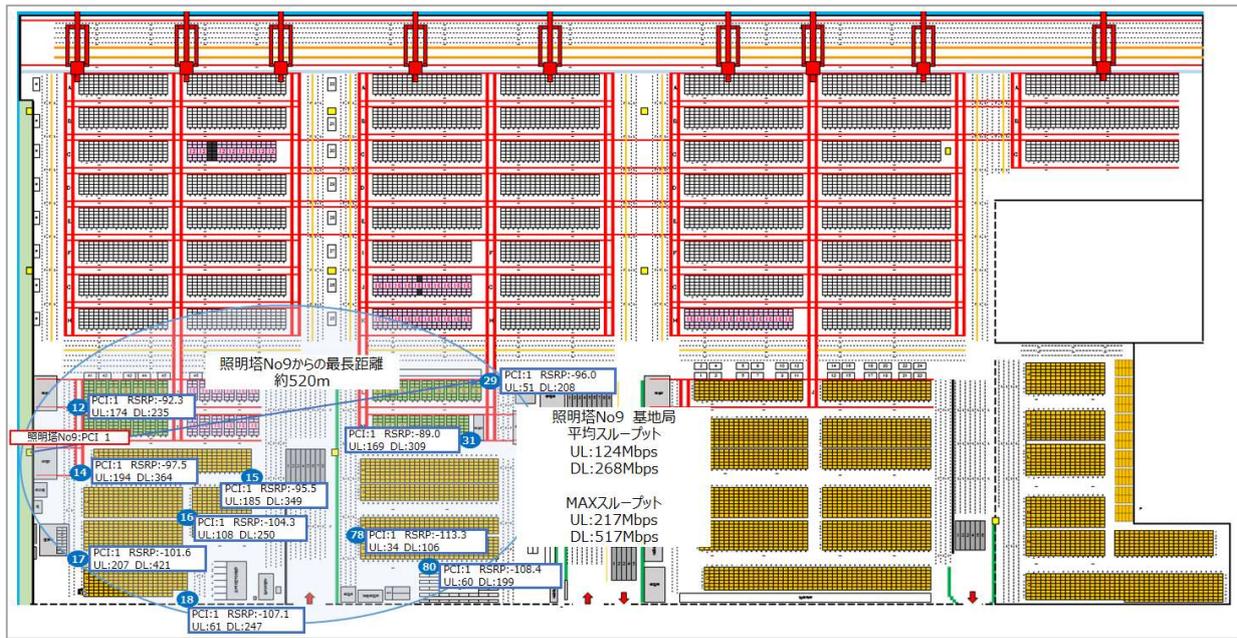


図 4.3-14 照明塔 No9 基地局カバーエリアの実測値

C12 バースの照明塔 No1 に設置の基地局 (PCI:8) がカバーするエリアでは、平均スループットとして、UL192Mbps、DL324Mbps を確認できました。最大スループットでは、UL292Mbps、DL547Mbps を確認できました。基地局から約 200m 離れた C12 バース岸壁エリアでも UL133Mbps、DL281Mbps を確認できました。

表 4.3-7 照明塔 No1 基地局(PCI:8)のスループット

測定No	平均	最大UL	平均	最大DL	NR PCell PCI	平均
	NR UL PDCP Tput	NR UL PDCP Tput	NR DL PDCP Tput	NR DL PDCP Tput		
19	102	112	232	255	8	-90.9
21	146	155	278	315	8	-94.6
23	151	176	275	331	8	-92.6
32	133	167	281	327	8	-97.8
35	260	292	391	416	8	-96.3
38	277	291	492	547	8	-75.9
39	277	284	320	340	8	-87.4
平均		192.3		324.1		-90.8

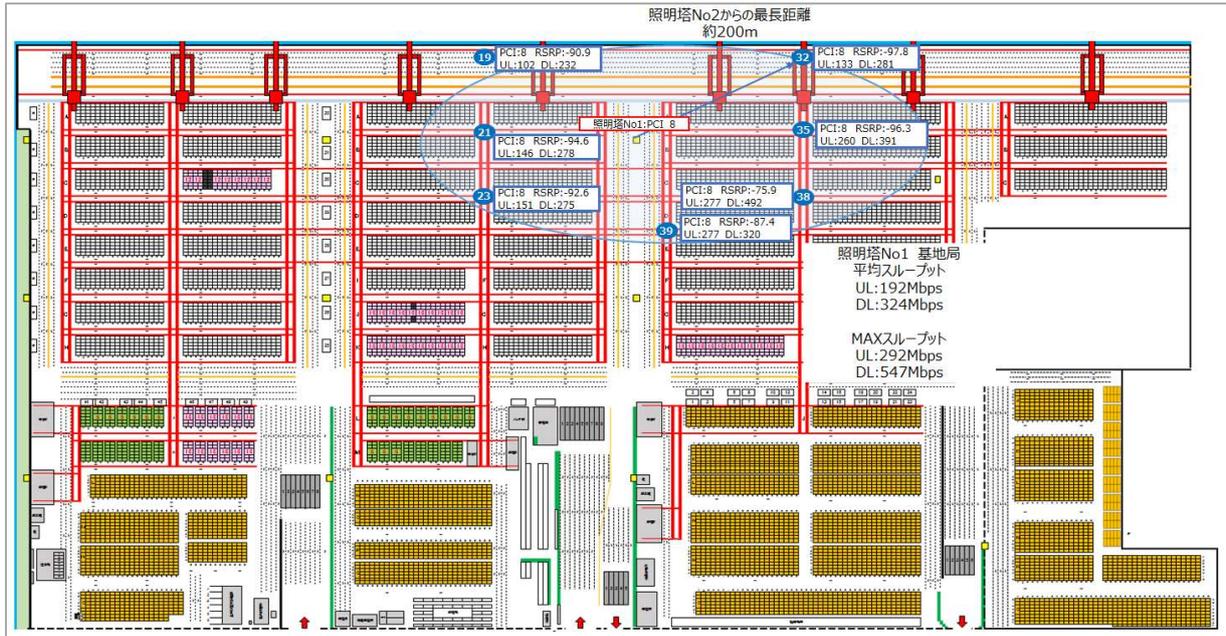


図 4.3-15 照明塔 No1 基地局カバーエリアの実測値

C12 バースの照明塔 No2 に設置の基地局 (PCI:6) がカバーするエリアでは、平均スループットとして、UL174Mbps、DL276Mbps を確認できました。最大スループットでは、UL274Mbps、DL394Mbps を確認できました。基地局から約 210m 離れた C12 バース岸壁エリアでも UL155Mbps、DL281Mbps を確認できました。

表 4.3-8 照明塔 No2 基地局(PCI:6)のスループット

測定No	平均	MAX	平均	MAX	NR PCell PCI	平均 NR PCell SS-RSRP (dBm)
	NR UL PDCP Tput	NR UL PDCP Tput	NR DL PDCP Tput	NR DL PDCP Tput		
25	74	89	202	214	6	-104.6
41	162	189	287	323	6	-91.1
42	262	274	342	394	6	-84.9
44	155	184	270	294	6	-92.4
45	236	253	274	326	6	-92
47	155	171	281	300	6	-89.1
平均		174.0		276.0		-92.4

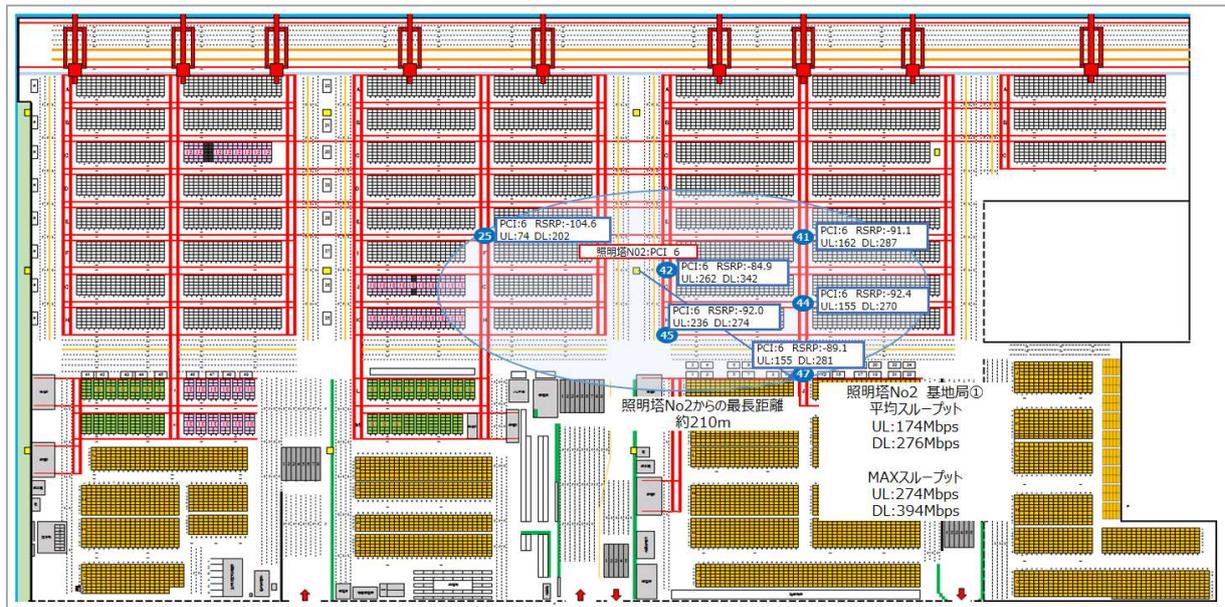


図 4.3-16 照明塔 No2 基地局カバーエリアの実測値

C12 空コンテナプールエリアの照明塔 No3 に設置の基地局 (PCI:35) がカバーするエリアでは、平均スループットとして、UL92Mbps、DL252Mbps を確認できました。最大スループットでは、UL256Mbps、DL448Mbps を確認できました。UL が目標値を下回っている原因は、課題Ⅲソリューションで使用しているトレーラー待機場に設置の HDTV カメラ通信により、通信帯域が奪われてしまっていると考えました。

課題Ⅲソリューション実証に影響が出ない範囲の短時間だけカメラ通信を切り、再測定した結果、平均スループットとして UL299Mbps まで回復しました。運用時には、トレーラー待機場のカメラ通信を同時にさせることを想定していないため、目標達成と判断しました。

表 4.3-9 照明塔 No3 基地局(PCI:35)のスループット

測定No	平均		最大UL		NR PCell PCI	平均
	NR UL PDCP Tput	NR UL PDCP Tput	NR DL PDCP Tput	NR DL PDCP Tput		
46	55	80	203	272	35	-94.7
48	50	74	197	242	35	-97.8
50	233	256	403	448	35	-90.9
51	165	185	289	346	35	-92.6
54	21	28	219	232	35	-104
56	74	100	289	312	35	-98.8
77	49	60	166	190	35	-107.6
平均		92.4		252.3		-98.1

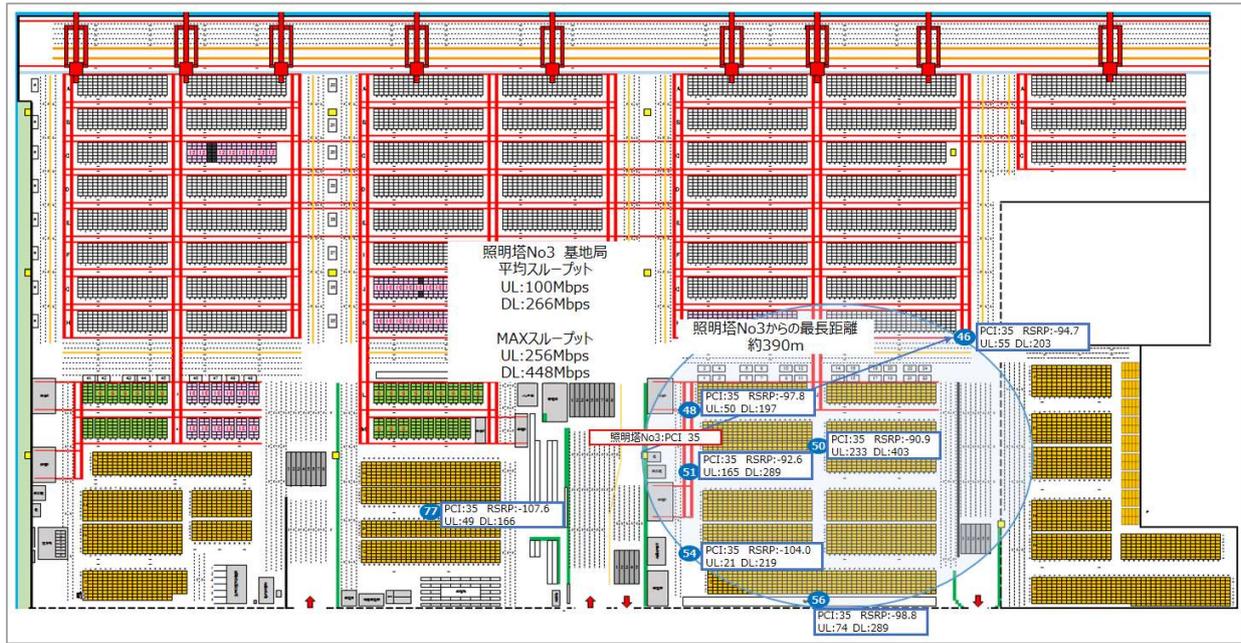


図 4.3-17 照明塔 No3 基地局カバーエリアの実測値

C12 延伸部の照明塔 No10 に設置の基地局 (PCI:30) がカバーするエリアでは、平均スループットとして、UL215Mbps、DL424Mbps を確認できました。最大スループットでは、UL298Mbps、DL705Mbps を確認できました。基地局から約 280m 離れた C12 バース岸壁エリアでも UL139Mbps、DL324Mbps を確認できました。

表 4.3-10 照明塔 No10 基地局(PCI:30)のスループット

測定No	平均		MAX		NR PCell PCI	平均 NR PCell SS-RSRP (dBm)
	NR UL PDCP Tput	NR DL PDCP Tput	NR UL PDCP Tput	NR DL PDCP Tput		
34	191	206	304	389	30	-94.3
37	265	270	398	421	30	-87
57	207	237	392	441	30	-81.8
58	275	285	563	617	30	-80.6
59	139	164	324	357	30	-96.1
60	277	298	575	705	30	-84.3
61	232	258	528	557	30	-91.6
62	138	168	310	356	30	-96.3
平均		215.5		424.3		-89.0

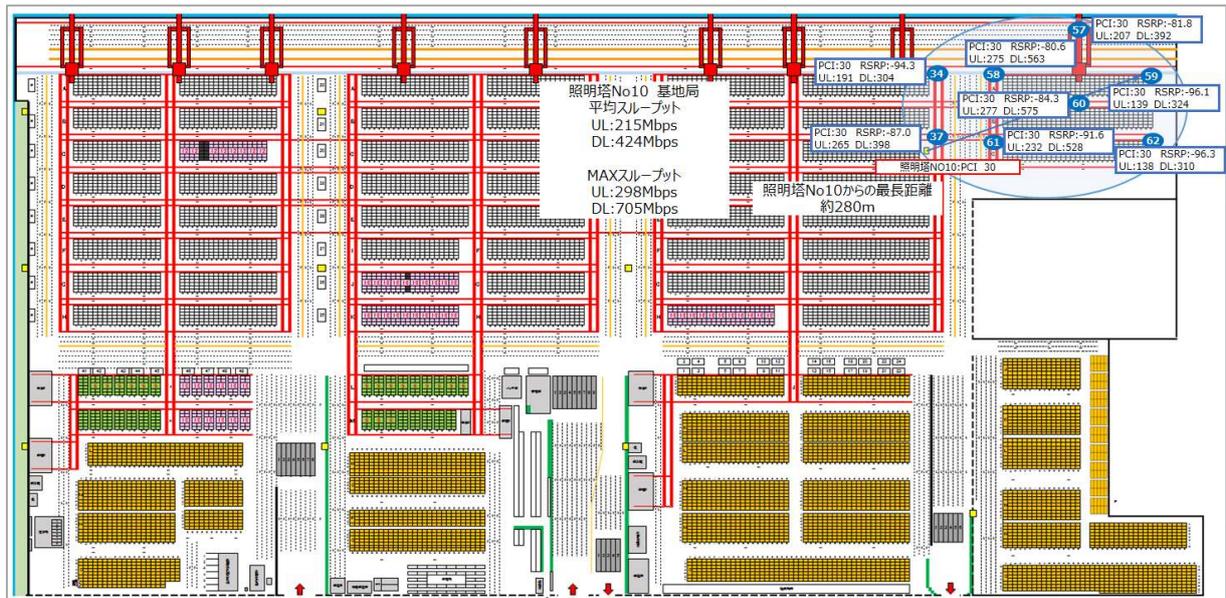


図 4.3-18 照明塔 No10 基地局カバーエリアの実測値

C12 延伸部にある空コンテナプールエリアの照明塔 No11 に設置の基地局 (PCI:19) がカバーするエリアでは、平均スループットとして、UL82Mbps、DL444Mbps を確認できました。最大スループットでは、UL158Mbps、DL617Mbps を確認できました。UL が目標値を下回っている原因は、照明塔 No3 基地局と同様に課題Ⅲソリューションで使用しているトレーラー待機場に設置のHDTVカメラ通信により、通信帯域が奪われてしまっていると考えました。

課題Ⅲソリューション実証に影響が出ない範囲の短時間だけカメラ通信を切り、再測定した結果、平均スループットとして UL243Mbps まで回復しました。運用時には、トレーラー待機場のカメラ通信を同時にさせることを想定していないため、目標達成と判断しました。

表 4.3-11 照明塔 No11 基地局(PCI:19)のスループット

測定No	平均	MAX		平均	MAX		NR PCell PCI	平均
	NR UL PDCP Tput	NR UL PDCP Tput	NR DL PDCP Tput	NR DL PDCP Tput	NR DL PDCP Tput	NR PCell SS-RSRP (dBm)		
52	26	49	282	292	19	-100		
53	60	82	374	473	19	-95.9		
55	66	98	420	451	19	-100		
64	66	78	302	355	19	-91.7		
65	75	84	388	448	19	-89.6		
66	108	130	512	540	19	-88.3		
68	111	125	559	586	19	-86.5		
69	65	82	417	441	19	-95.8		
70	142	158	568	617	19	-86.5		
71	55	64	370	406	19	-98.7		
72	92	104	522	562	19	-89.5		
73	109	125	542	563	19	-83.6		
74	95	126	518	551	19	-87.7		
平均		82.3		444.2		-91.8		

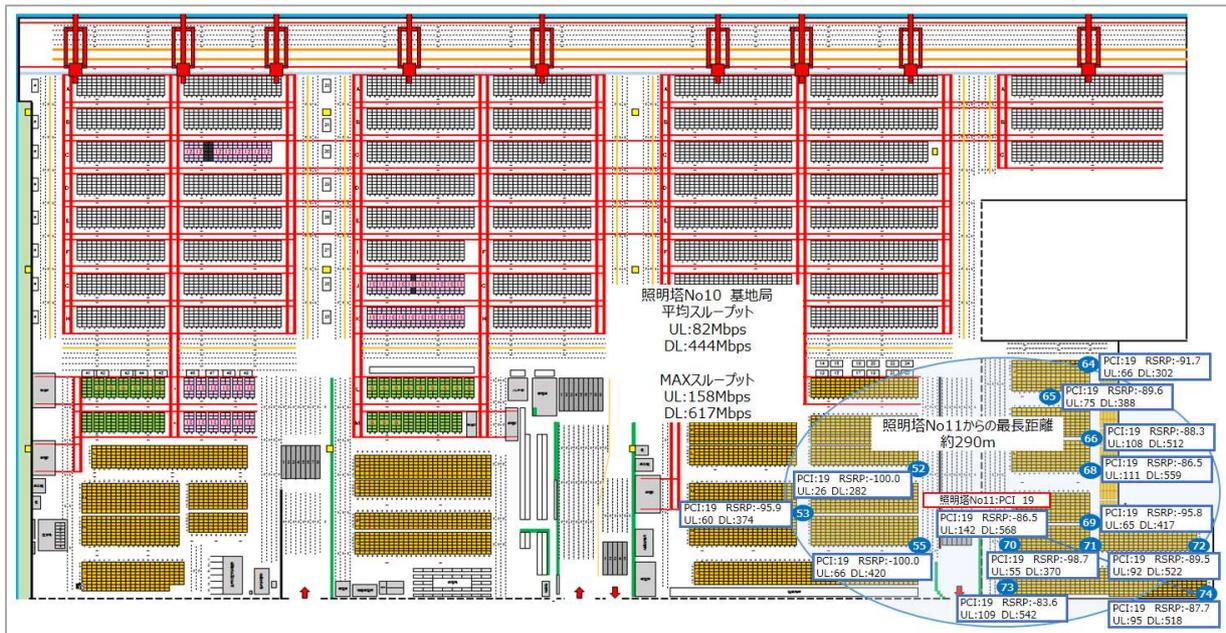


図 4.3-19 照明塔 No10 基地局カバーエリアの実測値

<考察（スループットについて）>

同実証地で実施した昨年度実証とスループット性能を比較すると、UL は約 5 倍、DL は約 1.3 倍の性能向上が確認できました。

- ・ 昨年度スループット平均 UL: 31Mbps、DL:257Mbps
- ・ 本年度スループット平均 UL:167Mbps、DL:353Mbps

ともに、基地局から 350m 範囲内の平均値になります。

この結果の要因としては、2つ考えられます。

- ・ 照明塔を活用した基地局設計により、コンテナ遮蔽影響を抑制
- ・ 準同期 TDD による UL スループット性能の向上

夢洲コンテナターミナル埠頭は、日本でも有数の広大なターミナルになります。その広大なターミナルで目標値を上回る基地局設計を実現できたことは、日本全国のターミナルでの再現性を実証できました。これだけのスループット性能を備えたローカル 5G による基幹ネットワークを活用すれば、様々な港湾 DX が可能になります。

図 4.3-20 で示すような、コンテナとコンテナの間のようなアンテナが見切れているような箇所(C10 バース照明塔 No8 から約 200m 離れた箇所)では、平均スループットで UL286Mbps、DL591Mbps を確認できました。コンテナに囲まれた環境下でも、目標値以上の実測結果を得られたことは、コンテナターミナルではローカル 5G が非常に有効な無線技術であることを確認ができました。

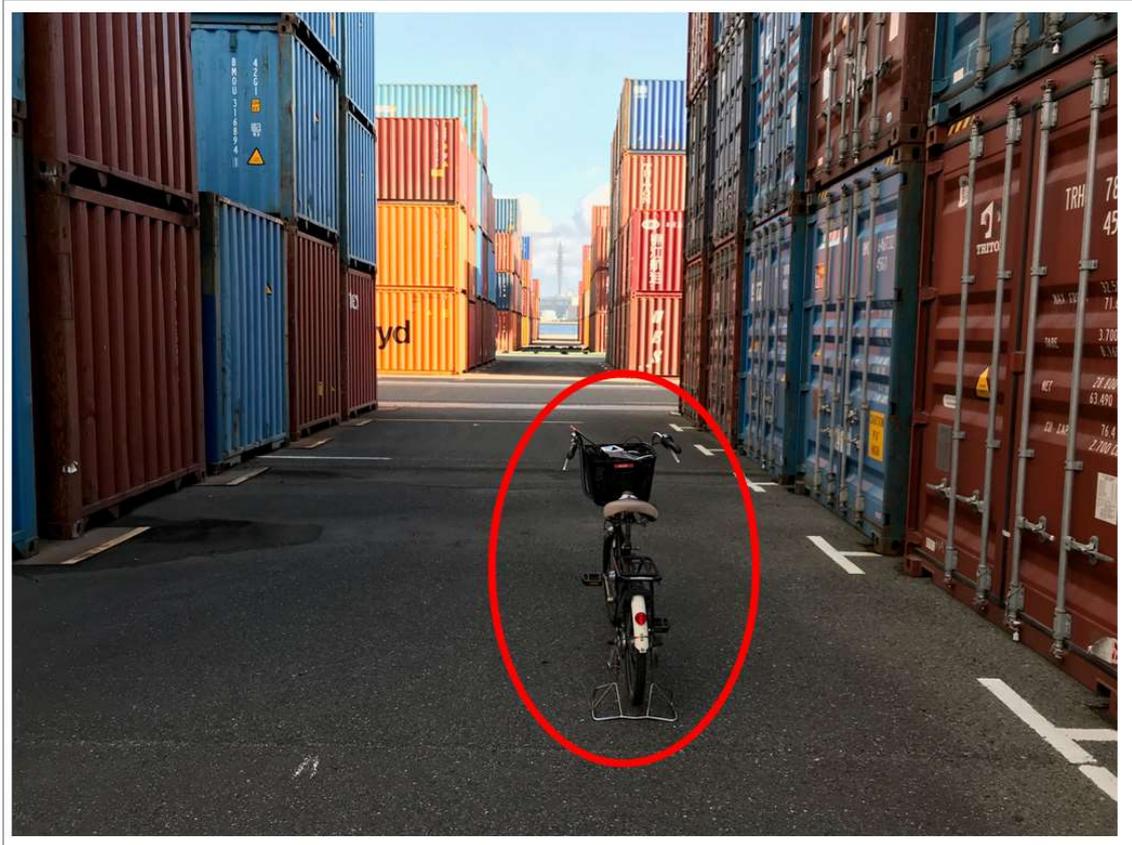


図 4.3-20 コンテナ間での測定の様子(赤枠内が測定ポイント)

ただし、本来業務の通信がローカル 5G により実現できることを実証された上で評価されるべきだと考えますので、運用検証の項でコンテナターミナル管理システムとの接続性について、評価します。

表 4.3-12 測定ポイント結果一覧

測定No	平均		MAX		平均		MAX		平均	備考
	NR UL PDCP Tput	NR UL PDCP Tput	NR DL PDCP Tput	NR DL PDCP Tput	NR PCell PCI	NR PCell SS-RSRP (dBm)				
1	241	262	427	438	3	-82.4				
2	275	285	538	581	3	-85.9				
3	331	367	626	758	3	-82.8				
4	278	295	499	552	3	-88.9				
5	262	271	380	468	3	-94				
6	222	239	324	368	2	-88.1				
7	282	291	521	577	2	-81.5				
8	287	295	514	568	2	-85.5				
9	278	295	568	640	2	-82.8				
10	168	188	295	309	2	-94.9				
11	253	271	508	606	2	-89.9				
12	174	189	235	255	1	-92.3				
13	274	282	413	478	2	-93.6				
14	194	208	364	411	1	-97.5				
15	185	204	349	422	1	-95.5				
16	108	122	250	271	1	-104.3				
17	207	217	421	517	1	-101.6				
18	61	75	247	282	1	-107.1	業務通信するエリアではない			
19	102	112	232	255	8	-90.9				
20	148	167	290	331	3	-96				
21	146	155	278	315	8	-94.6				
22	130	136	212	238	3	-99.7				
23	151	176	275	331	8	-92.6				
24	162	181	322	335	2	-95.8				
25	74	89	202	214	6	-104.6				
26	182	288	301	356	2	-99.9				
27	159	183	253	281	2	-99.5				
28	207	215	250	258	2	-102.3				
29	51	71	208	231	1	-96				
30	151	169	251	269	2	-93				
31	169	194	309	329	1	-89				
32	133	167	281	327	8	-97.8				
33	174	243	255	307	37	-91.1				
34	191	206	304	389	30	-94.3				
35	260	292	391	416	8	-96.3				
36	278	309	337	418	37	-83.2				
37	265	270	398	421	30	-87				
38	277	291	492	547	8	-75.9				
39	277	284	320	340	8	-87.4				
40	312	326	565	615	11	-86.2				
41	162	189	287	323	6	-91.1				
42	262	274	342	394	6	-84.9				
43	276	293	486	541	11	-86				
44	155	184	270	294	6	-92.4				
45	236	253	274	326	6	-92				
46	55	80	203	272	35	-94.7				
47	155	171	281	300	6	-89.1				
48	50	74	197	242	35	-97.8				
49	159	177	297	310	11	-98.9				
50	233	256	403	448	35	-90.9				
51	165	185	289	346	35	-92.6				
52	26	49	282	292	19	-100	課題Ⅲカメラと併用			
53	60	82	374	473	19	-95.9	課題Ⅲカメラと併用			
54	21	28	219	232	35	-104	課題Ⅲカメラと併用			
55	66	98	420	451	19	-100	課題Ⅲカメラと併用			
56	74	100	289	312	35	-98.8	課題Ⅲカメラと併用			
57	207	237	392	441	30	-81.8				
58	275	285	563	617	30	-80.6				
59	139	164	324	357	30	-96.1				
60	277	298	575	705	30	-84.3				
61	232	258	528	557	30	-91.6				
62	138	168	310	356	30	-96.3				
63	311	352	300	375	11	-92.8				
64	66	78	302	355	19	-91.7	課題Ⅲカメラと併用			
65	75	84	388	448	19	-89.6	課題Ⅲカメラと併用			
66	108	130	512	540	19	-88.3	課題Ⅲカメラと併用			
67	273	294	272	308	11	-82.6				
68	111	125	559	586	19	-86.5	課題Ⅲカメラと併用			
69	65	82	417	441	19	-95.8	課題Ⅲカメラと併用			
70	142	158	568	617	19	-86.5	課題Ⅲカメラと併用			

表 4.3-13 測定ポイント結果一覧続き

測定No	平均		MAX		平均		MAX		備考
	NR UL PDCP Tput	NR UL PDCP Tput	NR DL PDCP Tput	NR DL PDCP Tput	NR PCell PCI	NR PCell SS-RSRP (dBm)	NR PCell SS-RSRP (dBm)		
71	55	64	370	406	19	-98.7	-98.7	課題Ⅲカメラと併用	
72	92	104	522	562	19	-89.5	-89.5	課題Ⅲカメラと併用	
73	109	125	542	563	19	-83.6	-83.6	課題Ⅲカメラと併用	
74	95	126	518	551	19	-87.7	-87.7	課題Ⅲカメラと併用	
75	134	147	242	262	2	-97.2	-97.2		
76	60	71	234	245	24	-107.9	-107.9	課題Ⅲカメラと併用	
77	49	60	166	190	35	-107.6	-107.6	コンテナ遮蔽影響	
78	34	42	106	133	1	-113.3	-113.3	コンテナ遮蔽影響	
79	53	68	247	259	24	-103	-103	コンテナ遮蔽影響	
80	60	72	199	206	1	-108.4	-108.4	コンテナ遮蔽影響	
平均	167.425		353.425			-93.1525			

地上でのスループット測定だけでなく、RTG 運転台（地上約 22m）でのスループット測定も実施しました。RTG 運転台からもコンテナ蔵置データの送受信が必要なことと、将来的な RTG 遠隔操作へのローカル 5G の有用性を確認する意味で実施しました。

測定は、C10 バース、C11 バース、C12 バース、C12 延伸部を 10 のエリアに分け、お昼休憩時にそのエリア内に停車している RTG の運転台内で行いました。図 4.3-21 に記す通り、青枠内の赤い箇所が測定ポイントです。測定方法は、地上のスループット測定と同様の方法をとりました。

C11 バースは、辰巳商会社のバースであり、夢洲コンテナターミナル社は一部のコンテナレーン利用になるため、測定エリアはNo5のみとなっています。

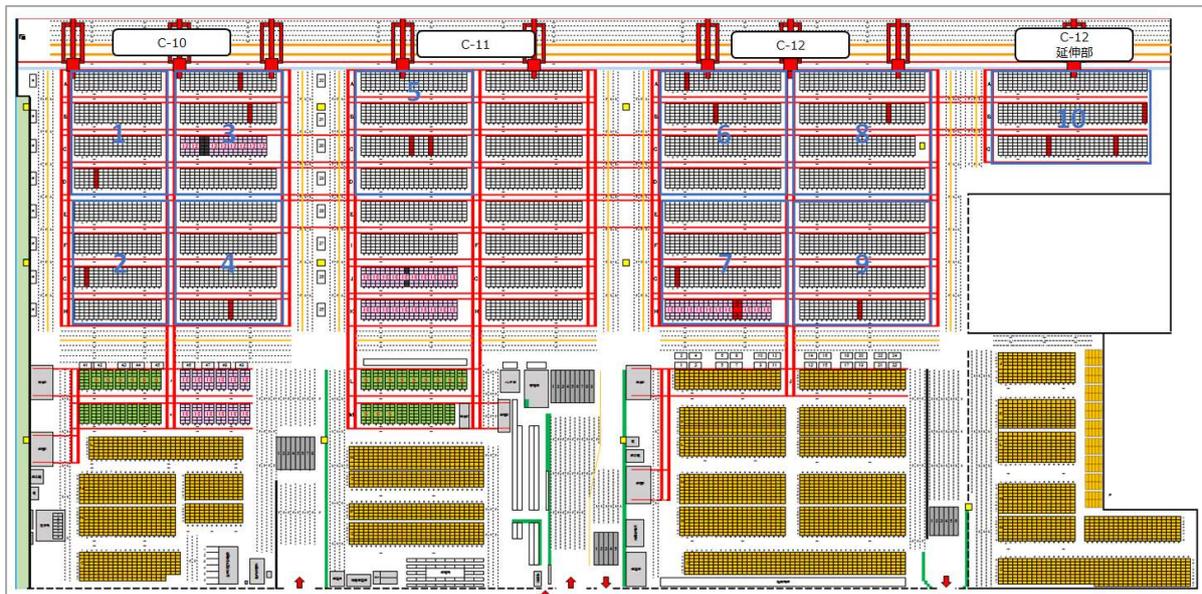


図 4.3-21 RTG 上でのスループット測定ポイント(青枠内の赤箇所)



図 4.3-22 RTG 運転台内でのスループット測定の様子

測定エリア No1 は、平均スループットとして、UL207Mbps、DL353Mbps を確認、測定エリア No2 では、UL280Mbps、DL461Mbps を確認、測定エリア No3 では、UL140Mbps、DL255Mbps を確認、測定エリア No4 では、UL150Mbps、DL259Mbps を確認、測定エリア No5 では、UL59Mbps、DL149Mbps を確認、測定エリア No6 では、UL252Mbps、DL374Mbps を確認、測定 No7 では、UL98Mbps、DL193Mbps を確認、測定エリア No8 では、UL117Mbps、DL221Mbps を確認、測定エリア No9 では、UL129Mbps、DL245Mbps を確認、測定エリア No10 では、UL143Mbps、DL292Mbps を確認しました。

RTG 上で必要となる通信量は、以下の通りです。

- ・ コンテナ蔵置データの送受信 (1 送受信あたり=1M)
1M×RTG24 台 (夢洲コンテナターミナル社所有) =24Mbps

- ・ 将来的な RTG 遠隔操作 (10M:映像データ送受信、5M:制御操作信号送受信)
15M×RTG24 台 (夢洲コンテナターミナル社所有) =360Mbps
合計で 384Mbps になります。

RTG はコンテナターミナル全域に分かれて稼動するため、今回の測定で 8 つの基地局でカバーされていることが分かりましたので、8 つに分けます。

$$384\text{Mbps} \div 8 = 48\text{Mbps}$$

RTG 上の全エリアでも必要通信帯域を確保できていることが確認できました。

C11 パースについては、基地局から 350m を超えるエリアになるため、距離による減衰効果によ

り、他エリアよりもスループットが約 65%低下しています。実運用時には、C11 バースの照明塔にも基地局を設置することでより安定した通信環境を整えることができます。

表 4.3-14 RTG 上でのスループット測定結果一覧

測定エリア No	バース	ベイ	No	平均	MAX	平均	MAX	平均
				NR UL PDCP Tput	NR UL PDCP Tput	NR DL PDCP Tput	NR DL PDCP Tput	NR PCell SS-RSRP (dBm)
1	C10	D	5	207	230	353	412	-99.4
2	C10	G	3	280	295	461	566	-84.4
3	C10	A	33	148	163	301	332	-98.5
3	C10	B	35	133	149	209	242	-96.3
4	C10	H	31	150	163	259	293	-103.4
5	C11	C	61	63	75	131	143	-111.1
5	C11	C	65	55	68	168	199	-108.2
6	C12	A	5	226	252	348	398	-87.2
6	C12	B	11	278	291	401	412	-95
7	C12	G	3	96	116	208	279	-92.7
7	C12	H	15	101	119	179	202	-94.2
8	C12	B	45	117	132	221	241	-96.8
9	C12	H	39	129	201	245	270	-100
10	C13	B	31	135	155	286	357	-102.1
10	C13	C	11	179	259	349	398	-98.1
10	C13	C	25	117	137	242	284	-100.8
平均				151		273		-98.0

ローカル 5G 無線区間の遅延測定も実施しました。C12 バースを対象に RTG を移動させ、基地局から 130m、180m、200m、250m、280m、350m 離れた測定ポイントで測定を行いました。

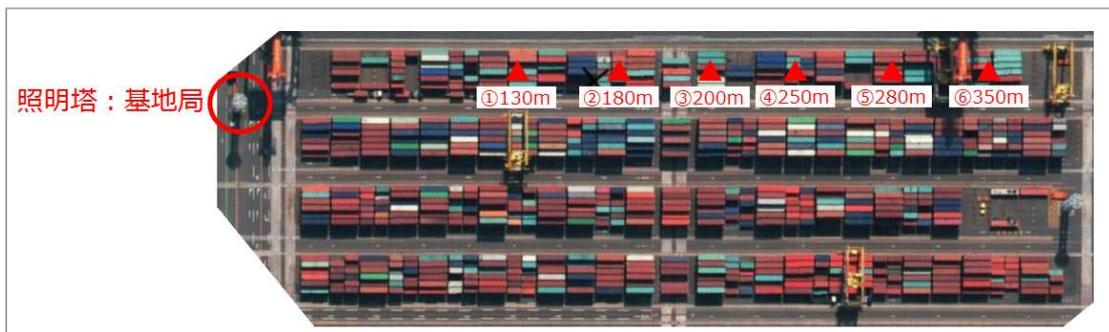


図 4.3-23 ローカル 5G 無線区間の測定ポイント

全ての測定ポイントで約 15msec を確認できました。昨年度実証結果と比較すると、平均値で 1msec の遅延悪化になりました。昨年度実証結果では基地局からの距離が 200m 違うと 1.4msec の遅延差を確認しましたが、本実証では、基地局からの距離が 350m 以内であれば大きな遅延差は発生せず、安定していることが分かりました。

表 4.3-15 RTG 上での遅延測定結果比較

測定ポイント	基地局からの距離 (m)	本実証 レイテンシ (msec)	昨年度実証 レイテンシ (msec)
①	130	14.8	12.8
②	180	14.6	12.8
③	200	14.4	14.1
④	250	14.4	14.3
⑤	280	15.3	14.3
⑥	350	14.5	14.2
平均		14.7	13.7



図 4.3-24 ローカル 5G 無線区間測定の様子

映像遅延についても測定しました。基地局から約 350m 離れた RTG に設置している 4K カメラにストップウォッチを映し、管理棟サーバー室内の 4K モニターに映るタイムを比較しました。

映像遅延は、380msec（タイム比較は 440msec、2 台ストップウォッチ差が 60msec あったため、差分を考慮）です。昨年度と同様の映像システムを使用していますので、同じ 350m 地点の遅延を比較すると 670msec の改善が確認できました。昨年度実証で得た情報である、低遅延エンコード・デコード、モニターの映像遅延は約 200msec ということ踏まえれば、机上ではありますが 350m 範囲内では 214msec 程度の映像遅延を実現できることとなります。過去実証で RTG 遠隔操作には 250msec 以内が必要と提言されており、その目標値を上回る結果になります。



図 4.3-25 ストップウォッチによる測定の様子

< 考察（課題 I ソリューション機能検証全体） >

地上系通信（本船荷役データ・コンテナ蔵置データ（トップリフター・トレーラー）・リーファーコンテナ温度管理データ・コンテナチェックデータ）、上空 RTG 通信（コンテナ蔵置データ）について、UL/DL110Mbps 以上の大容量ネットワークが実現しました。これは、従来の 5GHz 帯無線アクセスシステムの 4 倍以上の性能になります。また遅延の観点でも、映像系の低遅延機器を設備すれば、将来的な RTG 遠隔操作も可能であると言えます。

ローカル 5G システム全体の通信容量を考えると、更なるソリューションの実現が可能な通信帯域が残されています。昨年度及び今年度の実証でのソリューション以外の開発を行うことで港湾業務 DX を更に推進できる、その土壌が整ったと考えます。

II. プランニングデータの電子データ化によるコンテナターミナルの保管工程業務の効率化

II-①のスループット測定結果は以下の表の通りとなります

表 4.3-16 スループット測定結果(DL)

No.	RTG 位置情報		スループット平均 (Mbps)
1	C10	A33	301.4
2		B35	209.9
3		D5	353.3
4		G3	464.6
5		H31	258.9
6	C11	C61	134.8
7		C65	169.6
8	C12	A5	349.1
9		B11	402.0
10		B45	222.6
11		G3	208.1
12		H15	177.9
13		H39	246.7
14	C13	B31	288.8
15		C11	348.9
16		C25	243.1

II-①の ping 測定結果は以下の図となります。

※RTG8 号機 Day2 について、RTG 自体の稼動が無なったためデータなし

ping の応答時間については、通信安定性を確認する観点であくまで目安とし、50msec 以内であれば、運用に耐えうると判断しました。

凡例	
	Ping応答時間：～20msec
	Ping応答時間：20～50msec

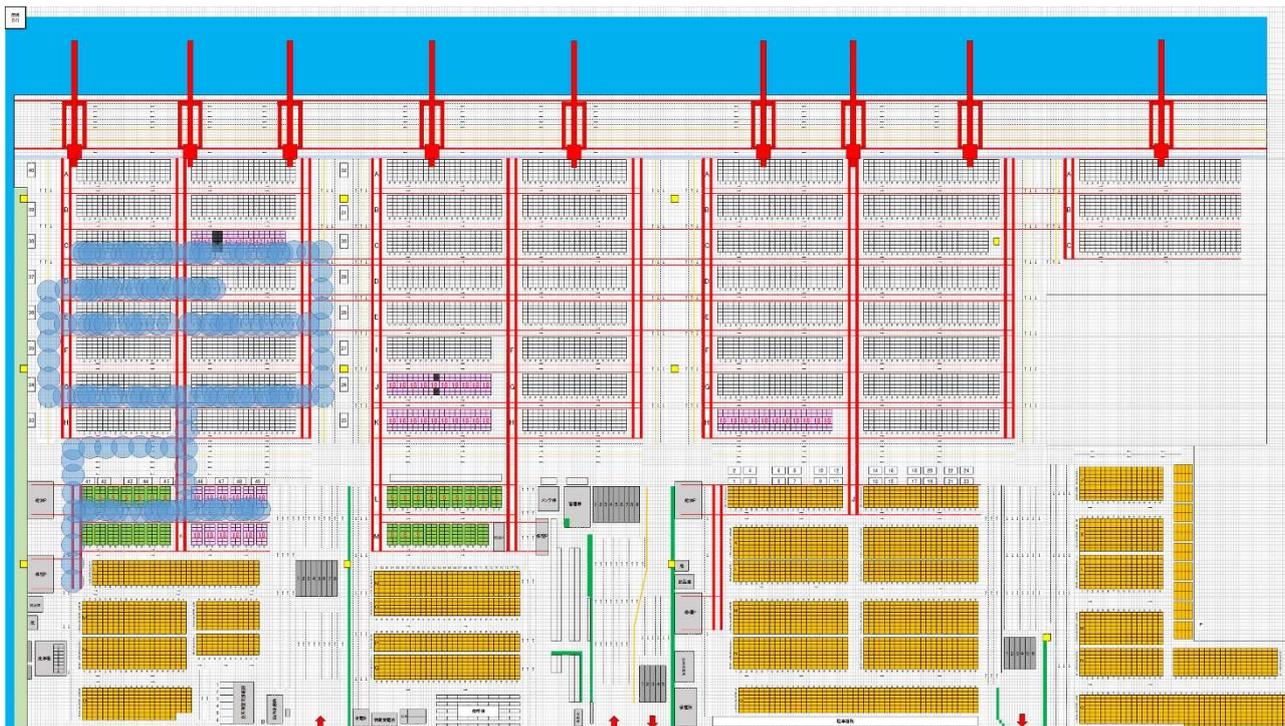


図 4.3-26 ping 測定結果 8 号機 Day1

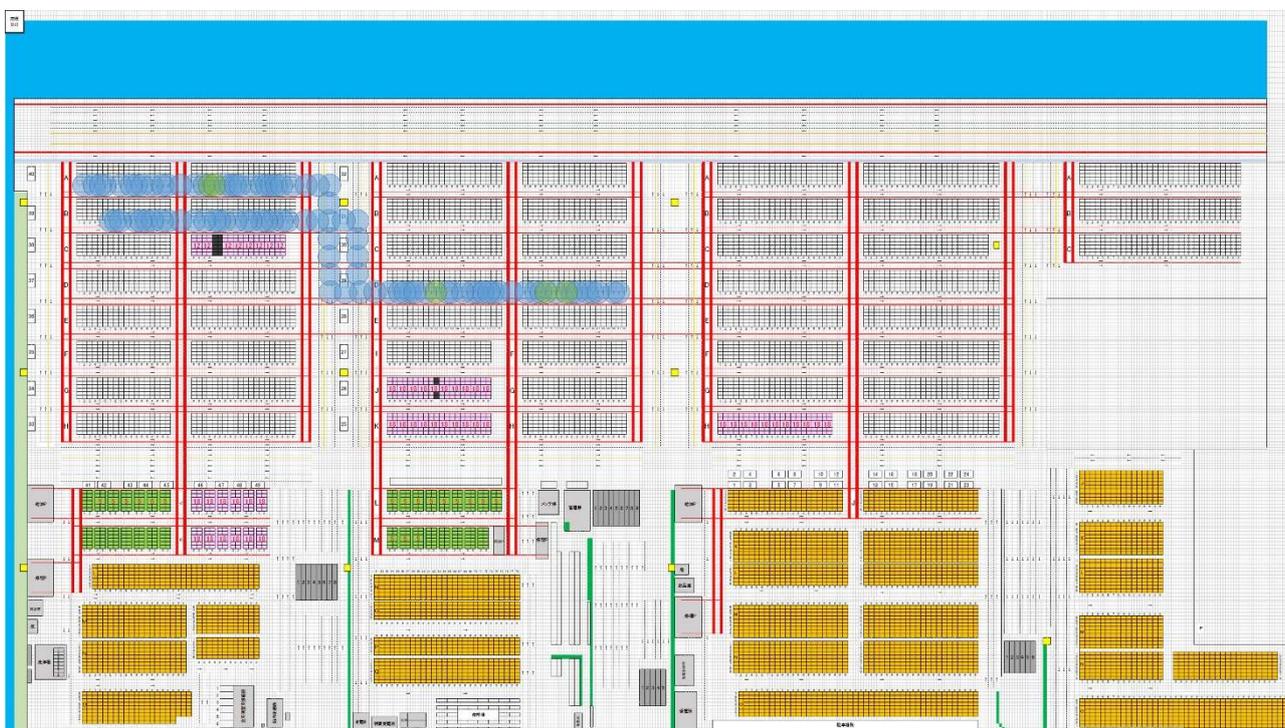


図 4.3-27 ping 測定結果 26 号機 Day1

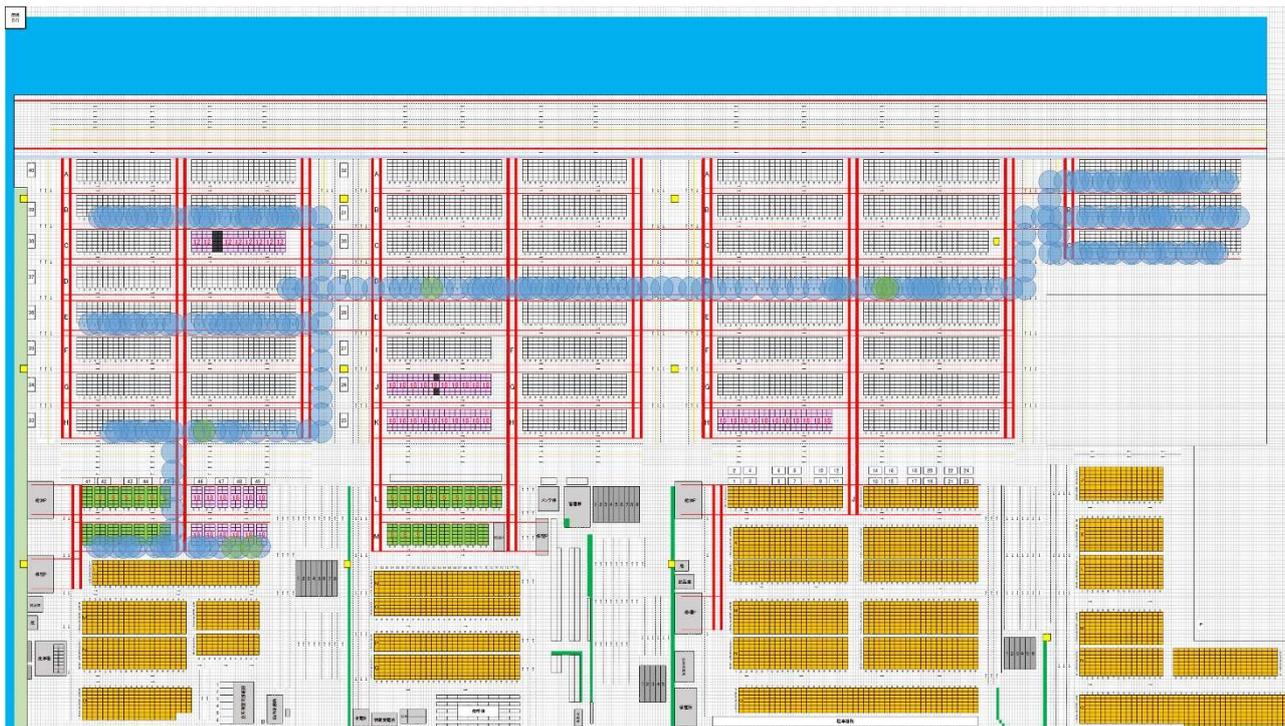


図 4.3-28 ping 測定結果 28 号機 Day1

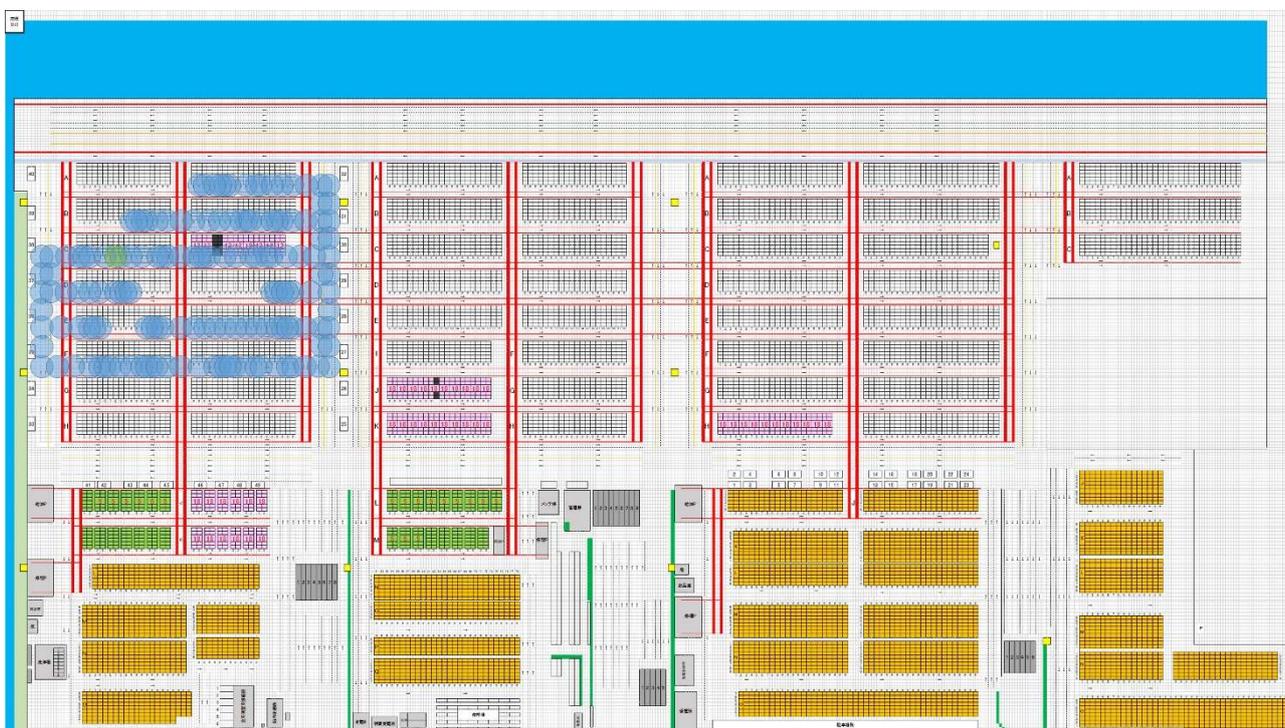


図 4.3-29 ping 測定結果 26 号機 Day2

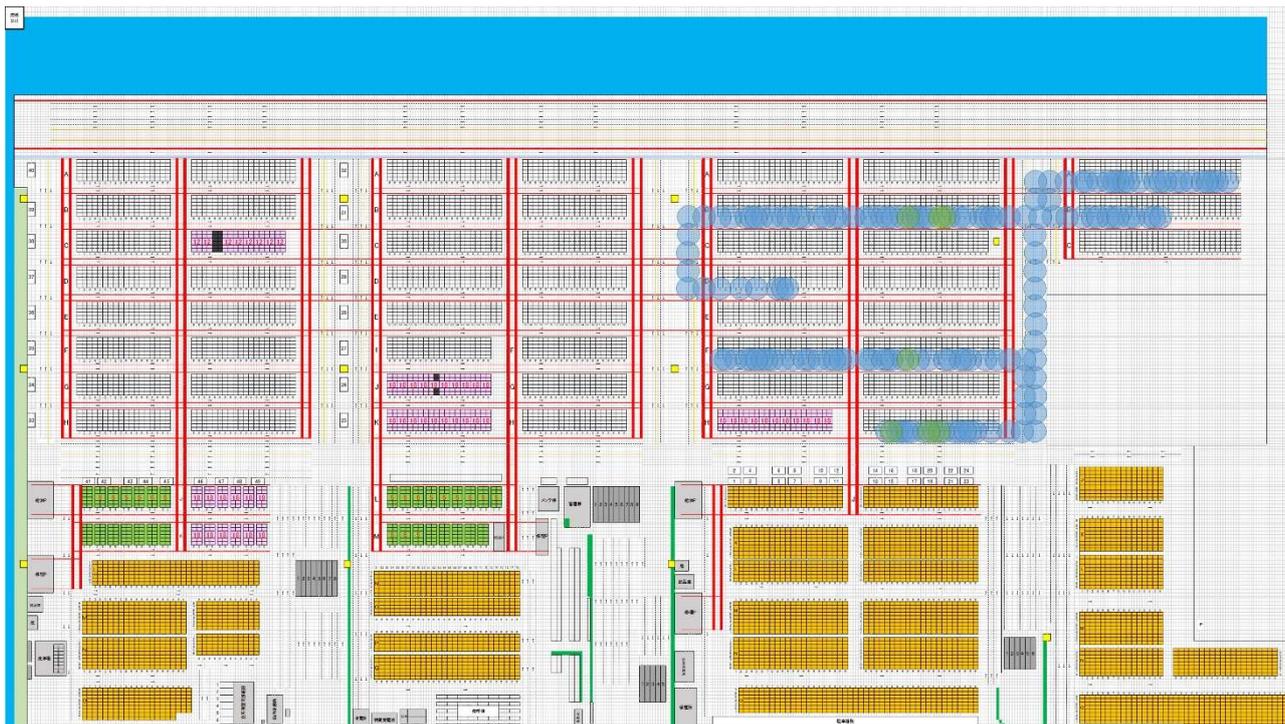


図 4.3-30 ping 測定結果 28 号機 Day2

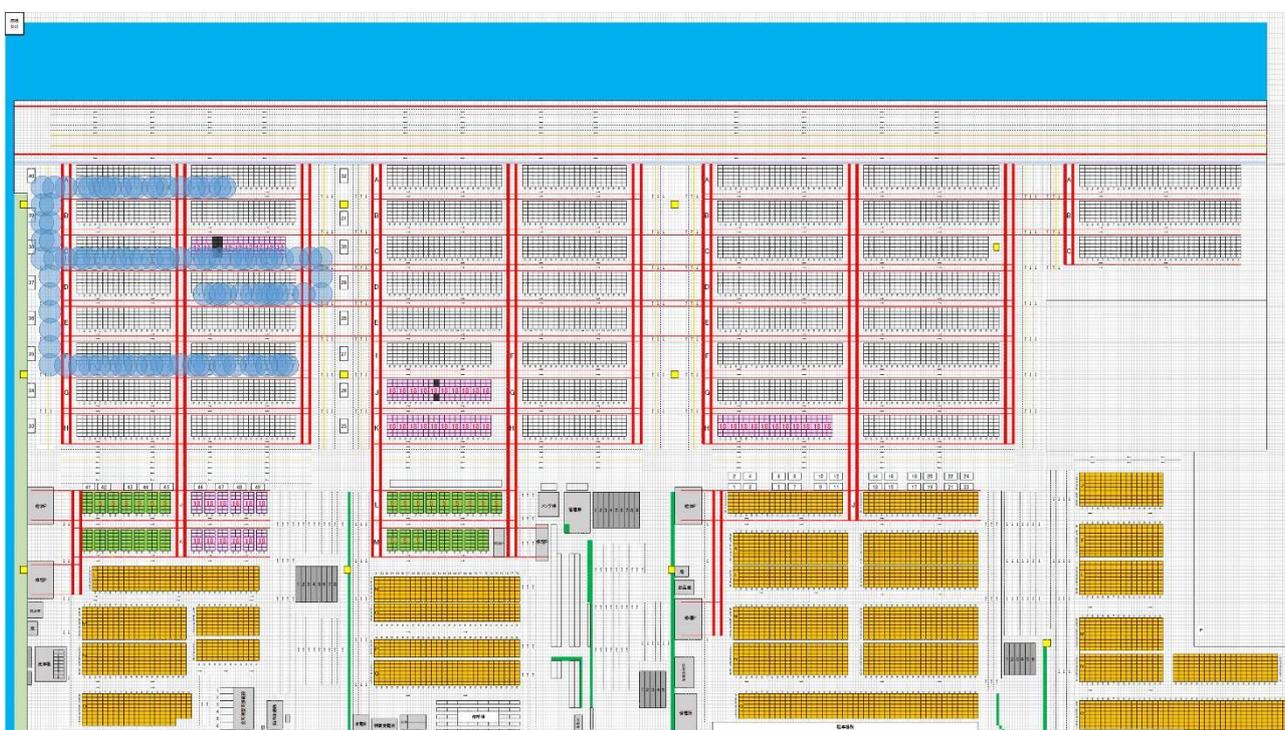


図 4.3-31 ping 測定結果 8 号機 Day3

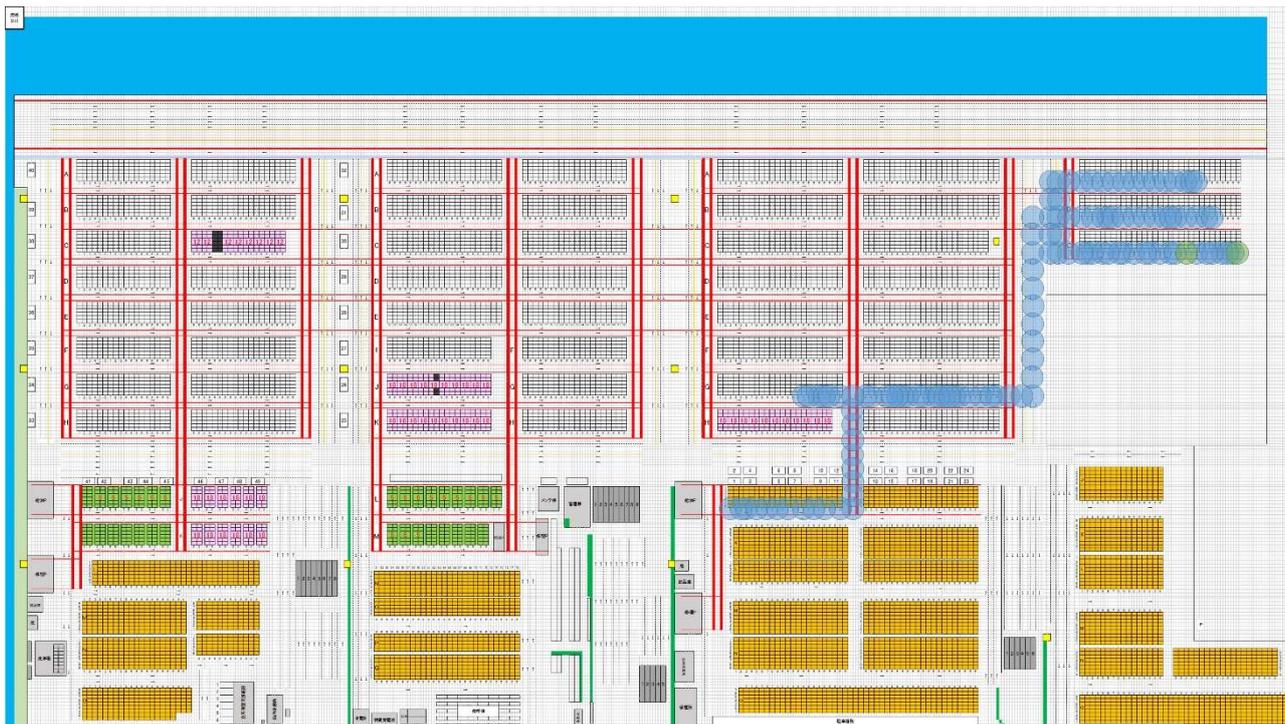


図 4.3-32 ping 測定結果 26 号機 Day3

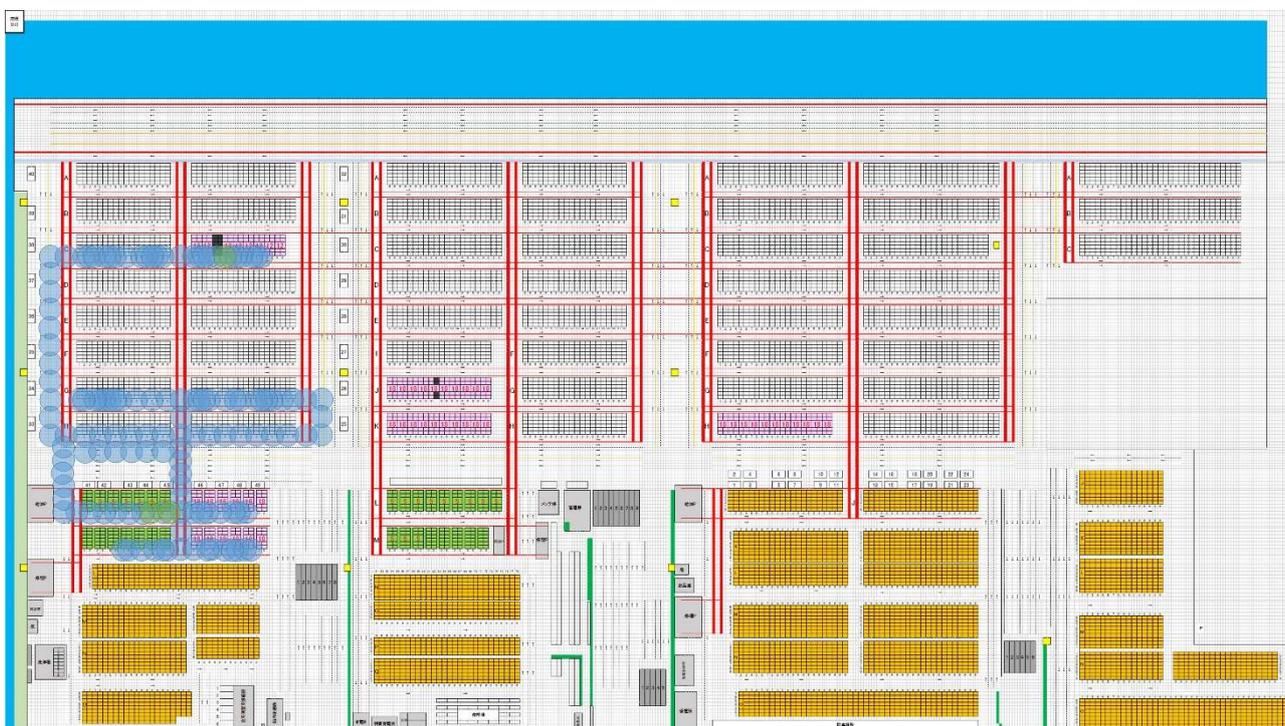


図 4.3-33 ping 測定結果 28 号機 Day3

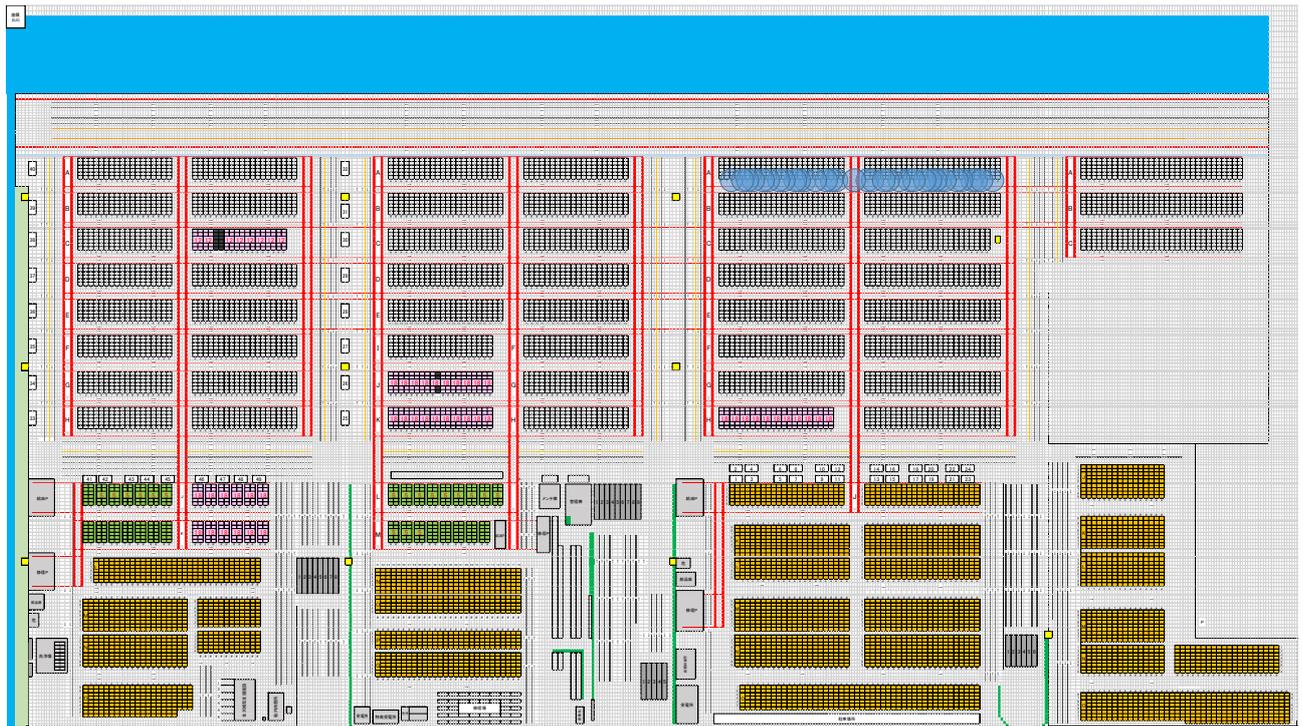


図 4.3-34 ping 測定結果 28 号機 Day4

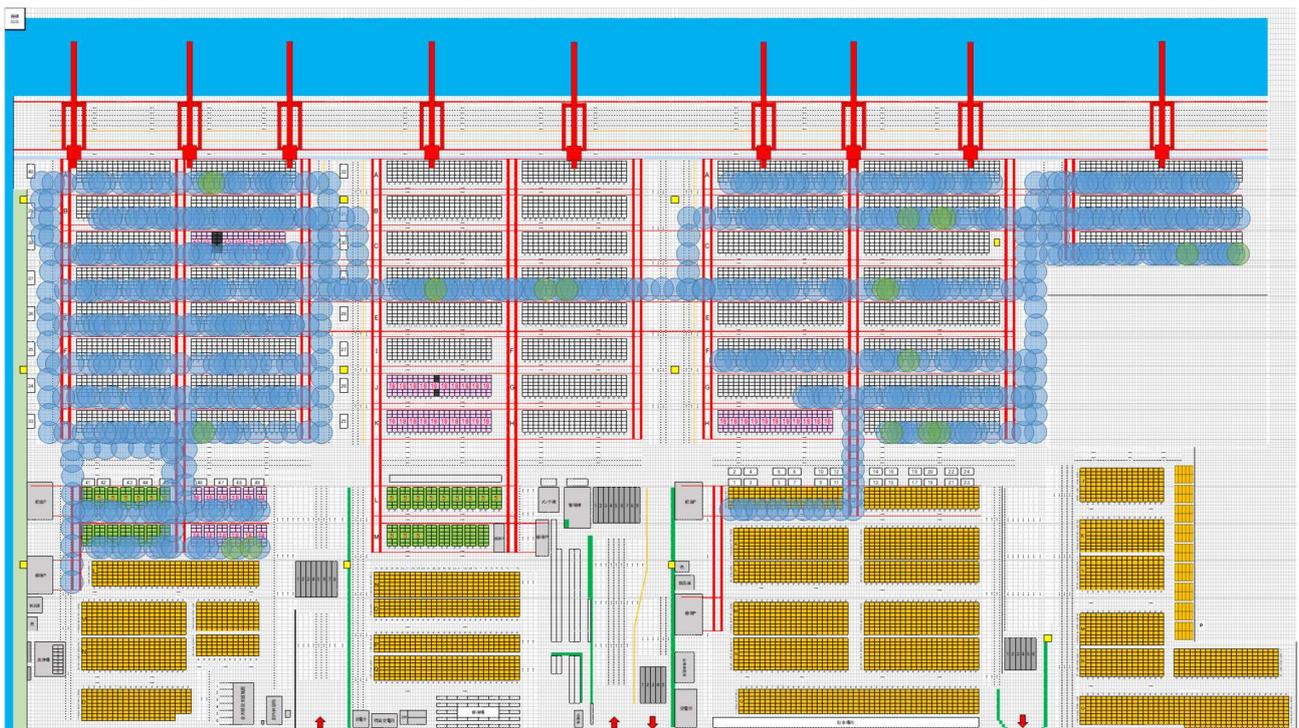


図 4.3-35 ping 測定結果(統合)

II-①～②の評価・検証項目に対する実証結果の概要は以下の表となります。

表 4.3-17 スループット測定結果

評価項目			実証目標	実証結果	目標達成
II-①	スループット	管理塔 → RTG(DL)	100Mbps/台	16/16 測定ポイントで 100Mbps 以上を確認	目標達成
		ping	ping 応答時間については、補助的運用のため評価しない		

【考察】

最もスループット(DL)測定結果の悪かった測定地点⑥についても、134Mbpsの速度が出ており、実証目標である100Mbpsを達成しています。基地局から約300m範囲内であれば、スループット(DL)は目標達成という結果となりました。

プランニングデータの転送には、約100MbpsのDLが必要なため、約300m範囲ごとに無線のカバーエリアを作っていくことが良いと考えます。

III. トレーラー待機場の混雑状況の可視化

各検証項目について、実際のデータ伝送に必要な必要帯域の明確化、及び、伝送したデータ品質について実務者へのヒアリング等にて評価するとともに、目標値と実測値を比較し、乖離が存在するポイントにおいて、電波強度及び電波品質の両側面から要因分析を実施します。

表 4.3-18 アウトプット

ソリューション	測定ポイント	目標値 (Mbps)	実測値 (Mbps)	映像品質
III	入場ゲート(カメラ利用無)	20	294.5	—
III	入場ゲート(カメラ利用有)	20	124.4	○
III	退場ゲート(カメラ利用無)	20	240.4	—
III	退場ゲート(カメラ利用有)	20	109.1	○

評価項目別の考察は以下の通りです。

・映像品質

本実証ではカメラから1920×1080のフルHD映像を取得し、ローカル5Gを利用して車番認証サーバーへ映像データを送信します。これにあたりフルHD画質の映像データの送信に必要な通信速度として20Mbpsを目標値としていましたが、上記の表にある各測定ポイントにおいて通信速度は目標値を大きく上回っていることが測定されました。更に、実証期間において数日間の映像を目視で確認した結果、映像の乱れは見られませんでした。同様に車番認証サーバーの認識率も効果検証にて最低でも90%以上の認識率と測定されたため、映像品質には問題がないと考えられます。

(2) 運用検証

1) 検証項目

運用検証における評価・検証項目、評価・検証方法については、ローカル 5G を用いたソリューションⅠ～Ⅲごとに、ユーザー側のニーズや意向等をアンケートにより確認します。その後、実運用を考えた新たな業務フローを検討し、提示します。

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

コンテナターミナルでは、コンテナに囲まれたエリアでも作業が発生し、特にトップリフターの車載端末通信やリーファーコンテナ（冷凍コンテナ）を管理する REF 端末の通信を行います。そのため、アンテナが見切るようなコンテナとコンテナの間のような狭小な場所でも、データ送受信が可能であることが運用条件として必須です。

なお、トレーラーやトップリフターはコンテナターミナル内全域を行き来するため、トレーラー車載端末は移動しながらの状態でも通信ができないといけません。長期安定通信の確認も必要です。

また、業務データ通信には、コンテナターミナル管理システム独自のアプリケーションによりデータベース化されます。そのため、ローカル 5G システムとコンテナターミナル管理システムの接続性、また、ローカル 5G 対応端末がコンテナターミナル管理システム独自のアプリケーションをインストールでき、通信が可能かを検証する必要があります。

以上のことから、検証項目を以下の通りと決めました。

- ・ コンテナとコンテナ間の狭小な場所での通信試験
- ・ 車両移動時の通信試験
- ・ 4K カメラ通信の安定確認
- ・ ローカル 5G 対応端末でのアプリケーション通信試験

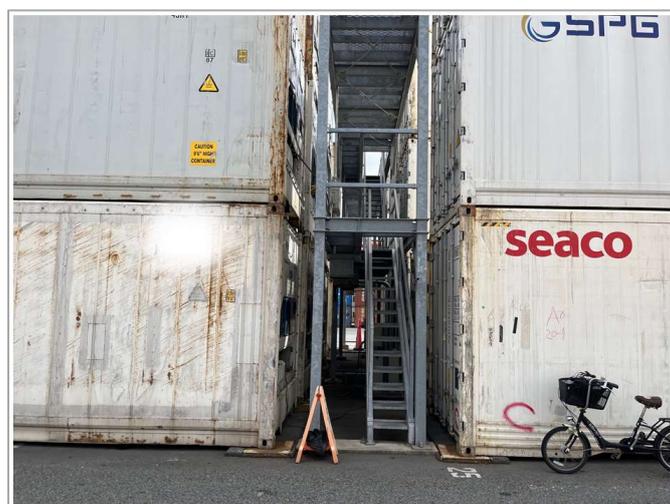


図 4.3-36 コンテナ間の狭小エリア例

【目標】

- コンテナとコンテナ間の狭小な場所での通信試験
狭小エリアでは現状、多くのデータ通信を想定していませんが、コンテナターミナル全体で目標とした 110Mbps (UL/DL) を確認する。
- 車両移動時の通信試験
コンテナターミナル全域を対象に移動し、ping 通信断が起こらないことを確認する。
- 4K カメラ通信の安定確認
RTG の運転席に 4K カメラを設置し通信させ、3 日間の通信断が起こらないことを確認する。
- ローカル 5G 対応端末でのアプリケーション通信試験
ローカル 5G 対応端末でアプリケーションを起動させ、リーファーコンテナ間の狭小エリアでの通信を確認する。

II. プランニングデータの電子データ化によるコンテナターミナルの保管工程業務の効率化

運用検証における評価・検証項目、評価・検証方法については、ローカル 5G を用いたソリューション I ～ III ごとに、ユーザー側のニーズや意向等をアンケートにより確認します。その後、実運用を考えた新たな業務フローを検討し、提示します。

III. トレーラー待機場の混雑状況の可視化

- ・ 画面操作性
- ・ 機能操作性
- ・ 維持、メンテナンス等

2) 検証方法

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

- コンテナとコンテナ間の狭小な場所での通信試験
C10、C11、C12 バースに点在するリーファーコンテナエリアの 6 ヶ所にて、平均スループット 110Mbps (UL/DL) を実測し確認する。スループット試験は、検証用測定 PC に APAL 社 RAKU+を接続し、測定 PC 側で sigma LA を起動の上、iPerf3 を実行します。測定区間は、ローカル 5G システムの L3SW 配下に設置した PC (サーバー側) からクライアント側 PC (端末) となります。ローカル 5G システムから RU 及びアンテナ等の電波を発射する装置区間(RAN)、ローカル 5G 無線区間、ローカル 5G 受信機 (CPE)、端末を含めた区間を測定することでローカル 5G システム全体のスループットを測定しました。

リーファーコンテナの測定ポイント選定については、各箇所の間地点での測定を実施しました。理由は、中間地点が一番コンテナが密集し、アンテナが見切れている上に、ローカル 5G 電波の回折や反射による電波伝搬の観点で環境が悪いと判断したためです。

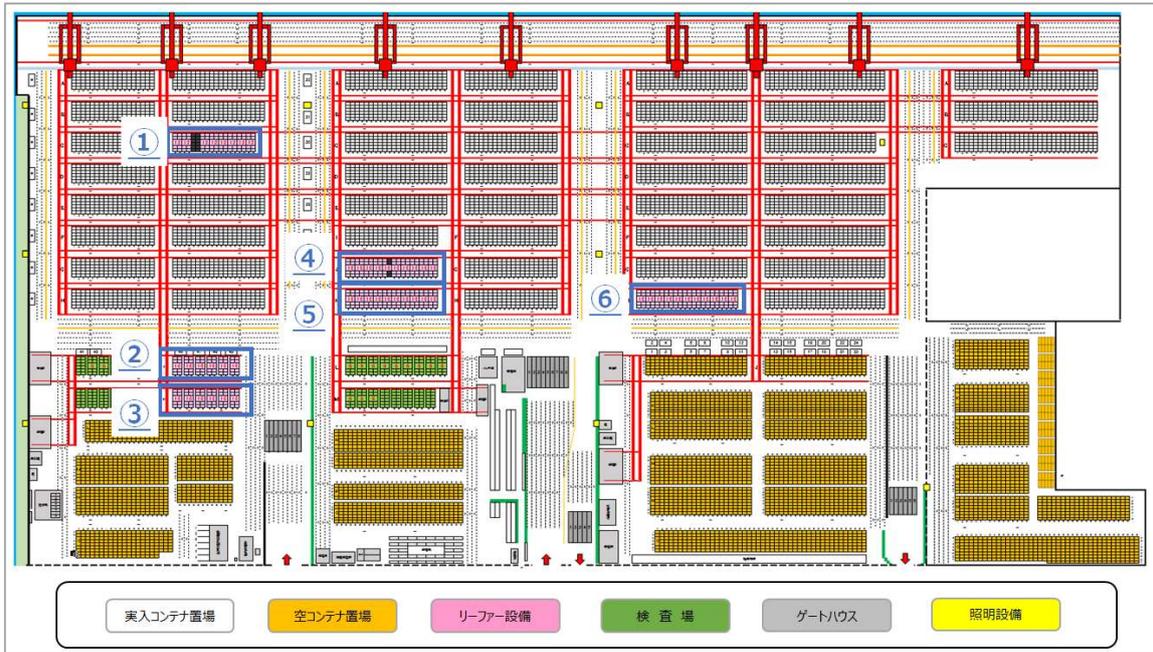


図 4.3-37 リーファコンテナ測定ポイント(青枠内)

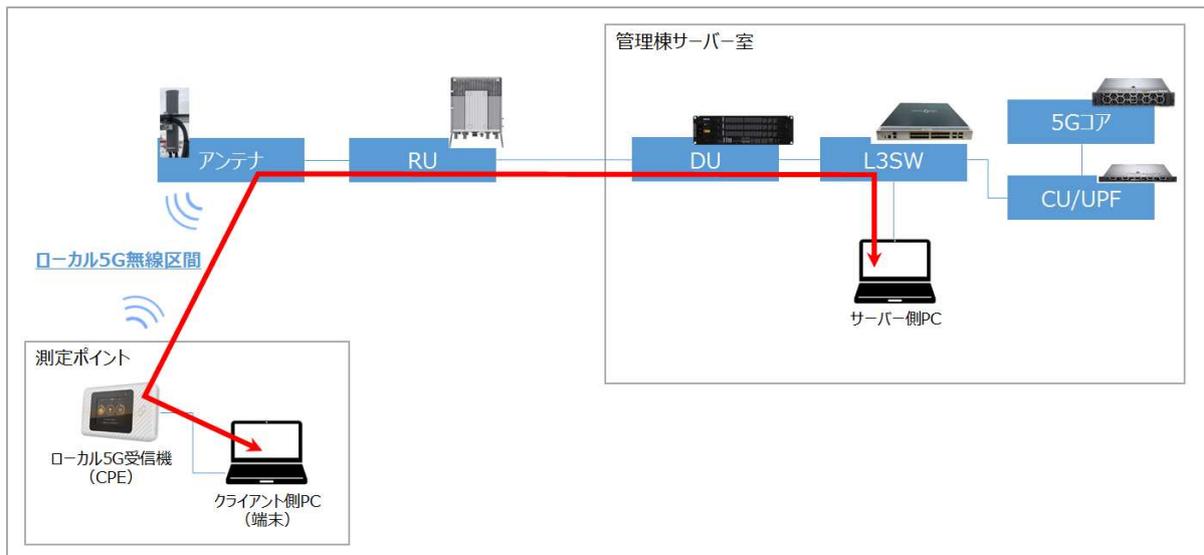


図 4.3-38 iPerf によるスループット測定区間(赤線部が測定区間)

実施した測定コマンドは以下になります。

iPerf3 のコマンド :

```
iPerf3 -c 192.168.241.2 -b500M -l1400 -u -t30
```

```
iPerf3 -c 192.168.241.2 -b500M -l1400 -u -t30 -R
```

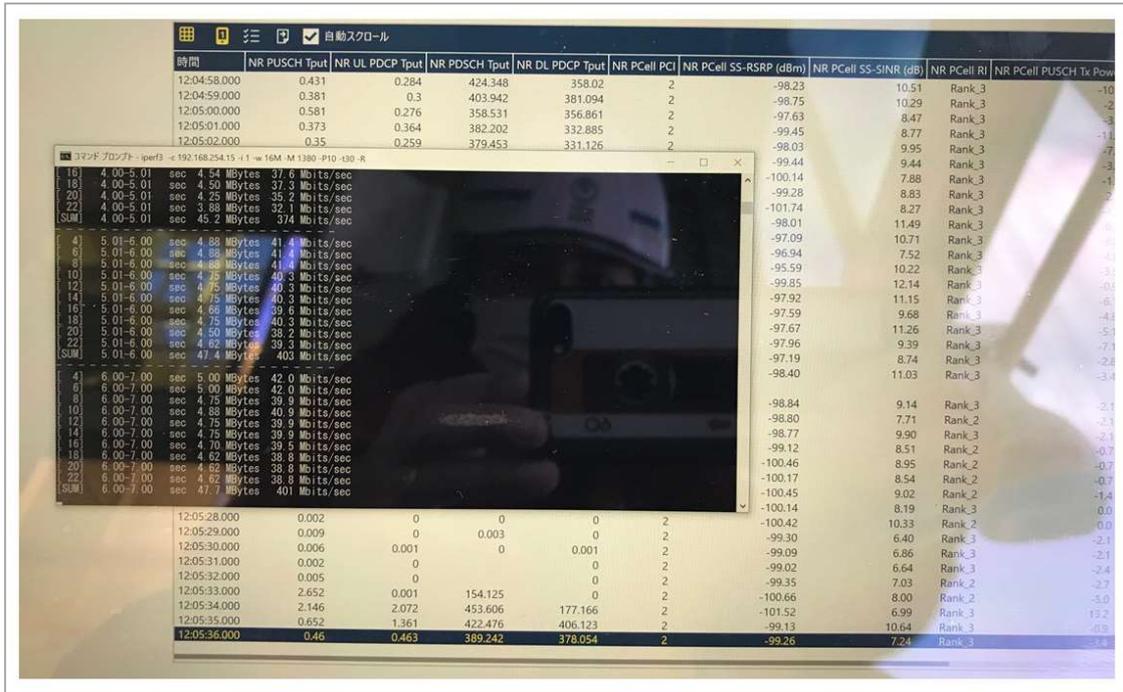


図 4.3-39 iPerf3 実行コマンドと sigma LA 起動画面

● 車両移動時の通信試験

コンテナターミナル全域を対象に、トレーラーやトップリフターを模擬した動きを再現しながら、車両で移動し、APAL 社 RAKU+を接続した検証用測定 PC を車両内に設置、コンテナターミナル管理システムサーバーと ping 試験を実施する。ping 設定条件として、データサイズを 1M（実際の業務通信相当）としました。

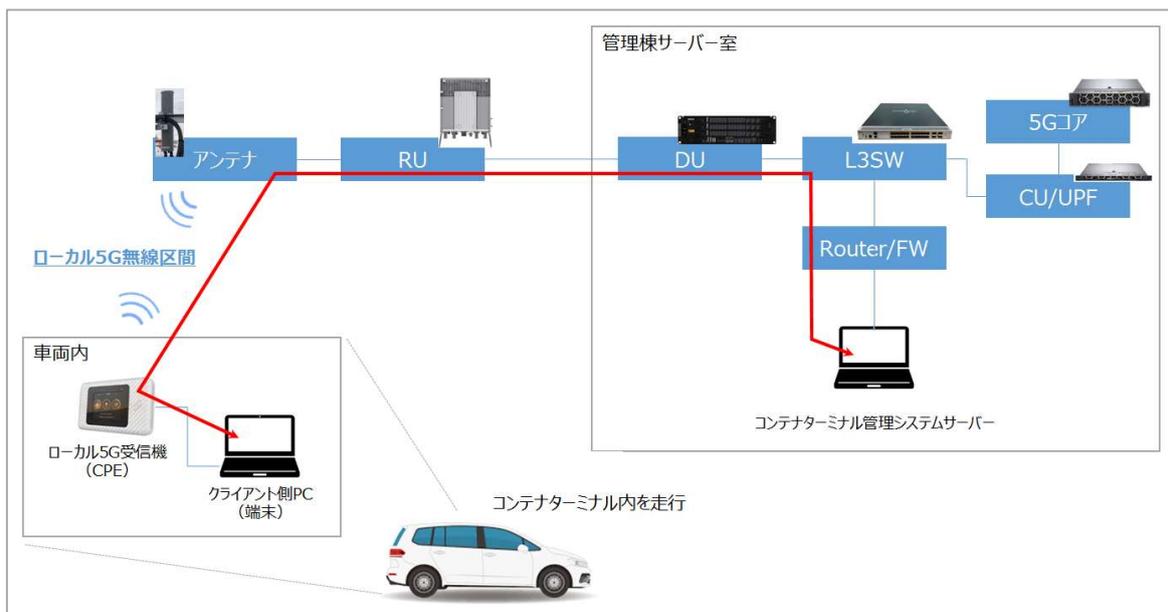


図 4.3-40 ping による通信確認内容

- 4K カメラ通信の安定確認

RTG 上での通信確認試験として、4K カメラの通信を活用して安定性を確認します。RTG 運転台（地上約 20m）に設置した 4K カメラ映像をレコーダーに録画し、3 日間通信が途絶えないこと（エラー発生）を確認する。4 カメラの映像設定は、30fps、解像度 3840×2160 ピクセル、最高画質とします。約 100Mbps を必要とする通信とすることで、機能検証の項で設定した目標値と同等レベルでの安定確認を実施しました。

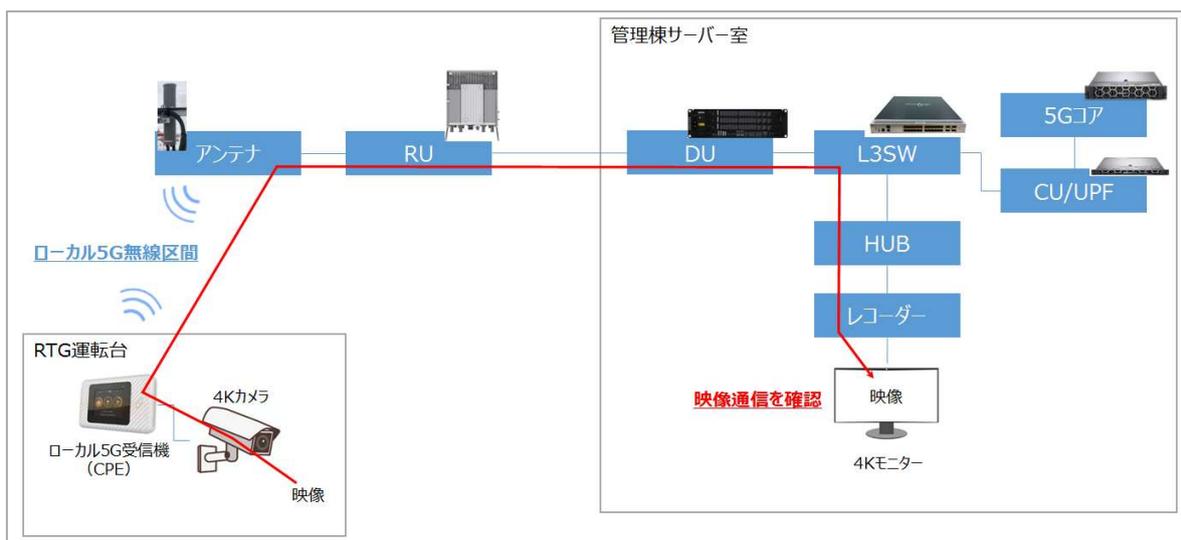


図 4.3-41 4K カメラ通信の安定確認

- ローカル 5G 対応端末でのアプリケーション通信試験

ローカル 5G 対応スマートフォンである、FCNT 社 SD01 にコンテナ管理システムのアプリケーションをインストールし、システム側との通信について問題がないかを確認する。

II. プランニングデータの電子データ化によるコンテナターミナルの保管工程業務の効率化

II-①～②の評価・検証項目に対する評価・検証方法の概要は以下の表となります。

表 4.3-19 評価・検証方法の概要

評価項目		評価・検証方法
II-①	運用における意見集約	勉強会等を実施し、意見を集約する。
II-②	運用定着化に向けた施策の検討と実施（マニュアル作成等）	II-①で出た意見に対して、対応策を実施する

< II-①：運用における意見集約 >

- ・ 検証期間：2023 年 1 月下旬

・検証方法：ローカル 5G とコンテナプランニングデータ端末の活用により、従来とはコンテナプランニングデータ活用業務が大幅に異なるオペレーションとなることから、ローカル 5G 活用の実証前から事前に関係各社と打合せを行い、運用定着に向けての意見集約を行う。

- ・参加者：夢洲コンテナターミナル株式会社
荷役業務に従事する事業者 6 社

< II-②：運用定着化に向けた施策の検討と実施（マニュアル作成等） >

- ・検証期間：2022 年 2 月上旬～3 月
- ・検証方法：II-①で出た意見に対して、対応策を検討し、運用定着に向けたマニュアル作成等の改善施策を実施する。

II-①②の評価・検証項目に対する実証目標は以下の通りとなります。

表 4.3-20 実証目標

評価項目		実証目標
II-①	運用における意見集約	実運用する場合の課題等の洗い出し・意見集約を行う
II-②	運用定着化に向けた施策の検討と実施（マニュアル作成等）	II-①で出た意見に対して、対応策を実施・完了する。

III. トレーラー待機場の混雑状況の可視化

(III) に対する評価・検証方法は以下の通りとなります。

表 4.3-21 評価・検証方法

定量・定性	(1) 評価・検証項目	(2) 評価・検証方法
—	・画面操作性 ・機能操作性	ポータルサイトの主な利用者はトラックドライバーであるため、運転中に画面を操作する等の行為は非常に危険です。そのため、ドライバーが QR コードを読み込むことで直ぐに混雑情報を確認できるよう表示方法を工夫し、画面操作や機能操作が不要な仕組みを構築しました。
定量/定性	・維持、メンテナンス等	トレーラー待機場周辺の混雑状況を可視化するため、本実証ではポータルサイトを開発しましたが、同サイトが継続的に

定量 ・ 定性	(1) 評価・ 検証項目	(2) 評価・検証方法
		<p>利用されるためには、収入、費用の観点で運用可能であることが必要です。</p> <p>そのため、ポータルサイトの利用者に対して支払可能額に関するアンケートを実施するとともに、ポータルサイトに係る費用を確認しました。</p> <p>支払可能額に関するアンケート項目及び費用に関する項目は以下の通りです。</p> <p>支払可能額に関するアンケート項目（目標：ドライバー50名）</p> <p>ポータルサイトが有料でも利用したいですか</p> <p>適切な月額料金はいくらだと思いますか</p> <p>費用に関する項目</p> <p>ポータルサイトの開設にあたって発生した費用</p> <p>ポータルサイトの維持に必要な費用</p>

(Ⅲ) に対する評価・検証方法の詳細は以下となります。

<画面操作性・機能操作性>

ポータルサイトの主な利用者はトラックドライバーであるため、運転中にポータルサイトを操作することは、安全性等の面で非常に危険と考えられます。そのため、本ポータルサイトは「ドライバーが行う操作を最小限にすること」が画面操作性や機能操作性の観点で重要です。

具体的には、ドライバーがQRコードを読み込むだけでポータルサイトを表示できる仕組みを構築し、画面上で操作することなく混雑情報を一目で確認できるよう工夫しました。

3. ポータルサイトの利用方法

(1)以下の QR コードを読み取りアクセスをお願いします。

ドライバー様



(2)右図のようなログイン画面が表示されますので、そのままログインボタンを押すと「現在の待機場待ち時間」等が表示されたサイトへアクセスが出来ます。

※アクセスキーはデフォルトで入力済みですので
入力や削除等せずにそのままログインしてください。

ログイン画面

APIキー(必須)

.....

送信

図 4.3-42 ポータルサイト閲覧用の QR コード

<維持・メンテナンス性等>

検証期間：2023年2月20日（月）～2023年3月3日（月）

検証方法：ポータルサイトの運用継続に必要な収入金額と費用に着目し、双方の金額を評価。

1. 収入金額：ポータルサイトを利用したトラックドライバーにアンケート調査を実施し、ポータルサイトに対する支払意思額を調査。
2. 費用：「ポータルサイトの開設にあたって発生した費用」に加え、「ポータルサイトの維持に必要な費用」を試算。

1. 収入金額：トラックドライバーを対象にしたアンケート調査（回答者：50名目標）

夢洲エリアを走行するトレーラーの運転手とその配車担当者の方々にアンケートの回答をして頂きました。アンケート結果からポータルサイトに対する支払意思やその金額を把握しました。

アンケート実施にあたり、大阪府トラック協会様にご協力を頂き、トラック協会メンバーに配布しました。

令和5年月日

ドライバー・配車担当者の皆さまへ

西日本電信電話株式会社
大阪港湾局

**港湾・コンテナターミナル業務のDXの実現に向けた
実証事業におけるアンケートのお願い**

総務省「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」に採択された、「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の実現に向けた実証実験」において、トレーラー待機場の混雑状況可視化ポータルサイトによる行動変容の実現が可能かを検証するため、ドライバー・配車担当者の皆様にアンケートの実施をお願いしております。皆さまの貴重なご意見を参考にさせていただきたく存じます。

1. 実施方法 (3分程度の無記名アンケートです)

以下のURLのサイトにアクセスしていただき回答をお願いします。

https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSdCGBNe41HXMSKAQTfqEduI1xozEzF48vTQf3z6wnZc9yom3g/viewform?vc=0&c=0&w=1&flr=0&usp=mail_form_link

QRコードを読み込みアクセスをお願いします。



※QRコードの読み込み方法 【別紙1】に詳細
iphoneの場合は、カメラでQRコードを読み込みます。
androidの場合は、カメラ又はLINEでQRコードを読み込みます。

2. 実施期間
2023年2月20日(月)～3月3日(金)

3. 本件の問い合わせ先
本アンケートに関するご質問等がございましたら、下記連絡先までお願い申し上げます。
西日本電信電話株式会社 関西支店
dreamisland-l5g@west.ntt.co.jp

ご多忙の中、大変恐縮ではございますが、アンケートへご協力頂きますよう、何卒よろしくお願ひ申し上げます。

図 4.3-43 アンケート周知文(ドライバー様向け)

アンケート回答数を多数確保するため、内容を端的により分かりやすくするとともに、QRコードの読み込み方を補足しました。また、Google form を利用してスマートフォンで隙間時間に投入できるように実施しました。

ポータルサイト利用者アンケート

混雑状況を表示したポータルサイトについて
有効性を確認するためにアンケートにご回答ください

[12] 「30分待ち時間」の

アカウントを切り替える

*必須

[1] 回答者の年齢 *

29歳以下

30歳~39歳

40歳~49歳

50歳~59歳

60歳以上

[2] 所属役割 *

ドライバー

記名担当者

[13] 今後もちょうど

30分前の待ち時間

現在の待ち時間

30分後の待ち時間

その他

サイト自体

[14] 設問"[13]"で「その他」を選択した方にお伺いします。
「その他」の具体的な内容を記載してください。

図 4.3-44 Google form でのアンケート内容

維持・メンテナンス等に関連するアンケート項目は以下の通りです。

・ アンケートの項目

【ポータルサイトが有料でも利用したいですか】

※アンケートの【ポータルサイトを今後も利用したいですか】に対して「①利用したい」「②予測精度が向上すれば利用する」と回答した方が対象。

回答形式：以下の5つから1つ選択

- ・ とてもそう思う
- ・ そう思う
- ・ あまり思わない
- ・ 思わない
- ・ 分からない

【適切な月額料金はいくらだと思いますか】

前項【ポータルサイトが有料でも利用したいですか】に対して「①とてもそう思う」「②そう思う」と回答した方が対象。

回答形式：適切な月額料金を記述式で回答

2. 費用：「ポータルサイトの開設費用」及び「ポータルサイトの維持費用」

ポータルサイトに係る支出金額を「ポータルサイトの開設にあたって発生した費用」及び「ポータルサイトの維持に必要な費用」を試算しました。それぞれの費用は主に以下の項目で構成しています。

- ・ ポータルサイトの開設にあたって発生した費用
 - 車番認証システム
 - ◇ 機器費
 - ◇ ソフトウェア費
 - ◇ 現地調査費
 - ◇ 導入設置費
 - ◇ 試験立会い・サポート費
 - ◇ 営業管理費等
 - ◇ ソフトウェア運用費
 - ポータルサイト
 - ◇ データ解析費
 - ◇ モデル作成費
 - ◇ 報告書作成費
 - ◇ API 作成費
 - ◇ ポータルサイト作成費
- ・ ポータルサイトの維持に必要な費用
 - 車番認証システム
 - ◇ ソフトウェア運用費
 - ポータルサイト
 - ◇ データ解析費
 - ◇ クラウド利用料

3) 検証結果及び考察

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

- コンテナとコンテナ間の狭小な場所での通信試験

【目標】

C10、C11、C12 バースに点在するリーファーコンテナエリアの 6 ヶ所にて、平均スループット 110Mbps (UL/DL) を実測し確認します。

【検証結果】

測定 6 ヶ所において、平均スループット 110Mbps (UL/DL) 以上を確認しました。

C10、C11、C12 バースのリーファーコンテナエリアは、図 4.3.1. (2). 3). I-1 に記す通りです。どのリーファーコンテナエリアにおいても、中腹あたりの遮蔽が多い場所を選定しました。

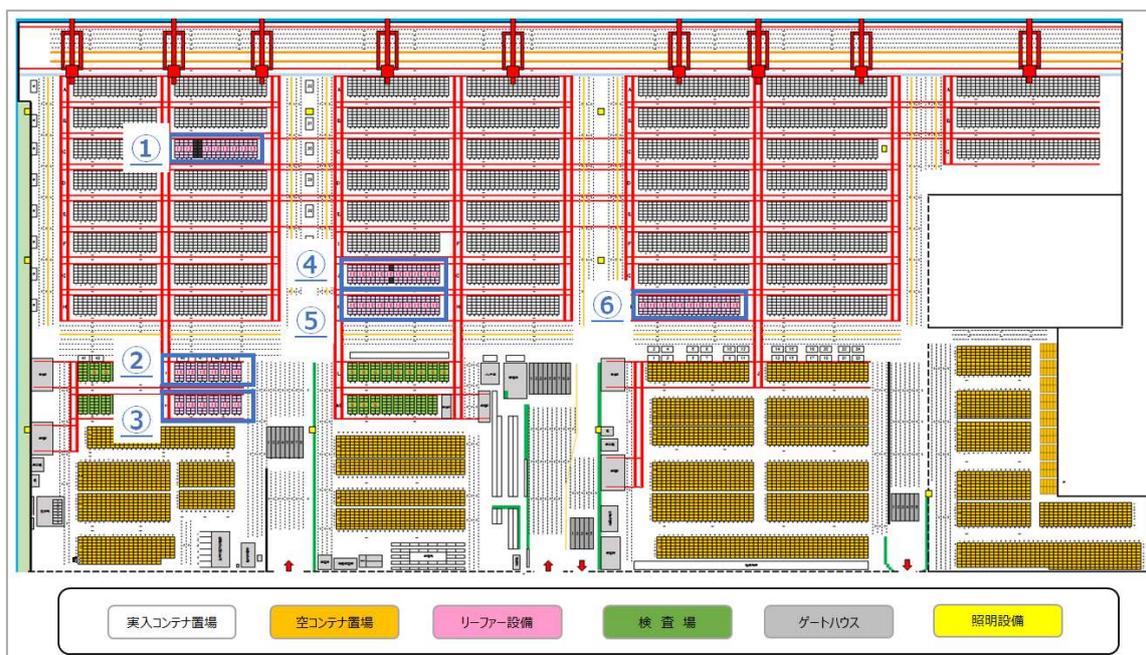


図 4.3-45 リーファーコンテナ測定ポイント(青枠内)※再掲

どの測定箇所においてもリーファーコンテナが密集し、2m 程度の間隔しかないような場所でしたが目標値を上回る測定結果が確認できました。測定ポイント①では、UL169Mbps、DL288Mbps を実測、測定ポイント②では、UL179Mbps、DL304Mbps を実測、測定ポイント③では、UL190Mbps、DL306Mbps を実測、測定ポイント④では、UL180Mbps、DL308Mbps を実測、測定ポイント⑤では、UL165Mbps、DL312Mbps を実測、測定ポイント⑥では、UL155Mbps、DL246Mbps を実測しました。この結果は、現状環境では電波環境が良くなかったリーファーコンテナエリアでも、ローカル 5G 電波が回折や反射により届いていることを示しています。REF 端末でのデータ送受信がしづらい状況は改善しました。

表 4.3-22 リーファーコンテナエリア測定結果

測定No	平均	MAX	平均	MAX	平均
	NR UL PDCP Tput	NR UL PDCP Tput	NR DL PDCP Tput	NR DL PDCP Tput	NR PCell SS-RSRP (dBm)
①	169	181	288	324	-96.6
②	179	193	304	339	-93.7
③	190	207	306	350	-97.4
④	180	191	308	347	-101.9
⑤	165	182	312	345	-103.5
⑥	155	176	246	282	-100.5



図 4.3-46 リーファーコンテナエリアでの測定風景(赤枠内が測定ポイント)

● 車両移動時の通信試験

【目標】

コンテナターミナル全域を車両で移動しながら、データサイズ 1M の ping 通信が途切れないことを確認する。

【検証結果】

コンテナターミナル全域で ping 通信が途切れないことを確認しました。

走行ルートとしては、C10 バースの空コンテナプールエリアからスタートしました。レーンに沿って、コンテナ間を移動しながら、トップリフターを想定し所々でコンテナ谷間での通信確認を行いました。C10 バース岸壁エリアへの移動は、トレーラー想定し各レーンに沿ってコンテナ間を移動しました。C11 を通り、C12 バースにおいても同様の方法で通信確認を行いました。

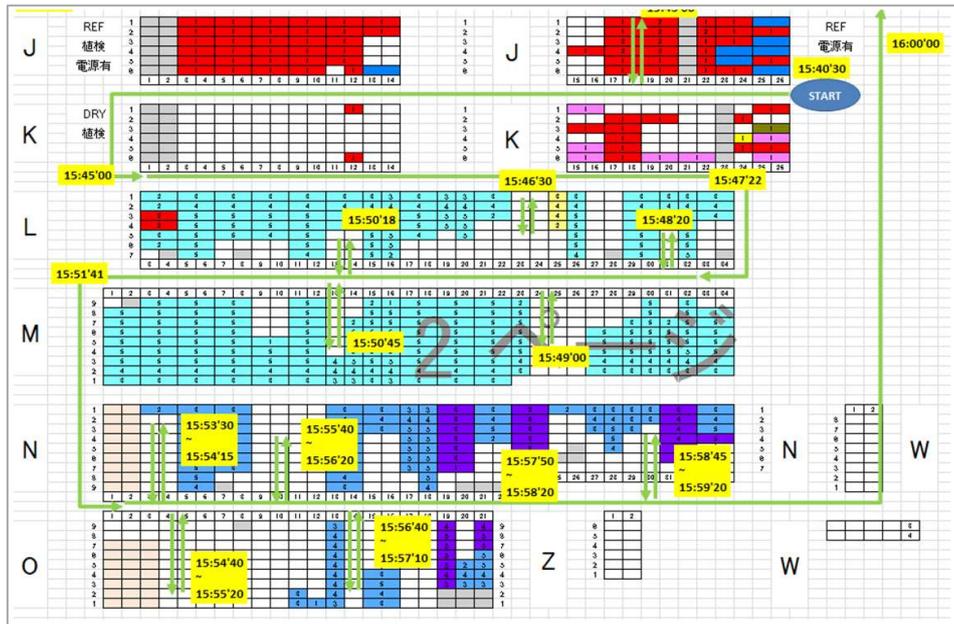


図 4.3-47 コンテナターミナル走行試験ルート 1

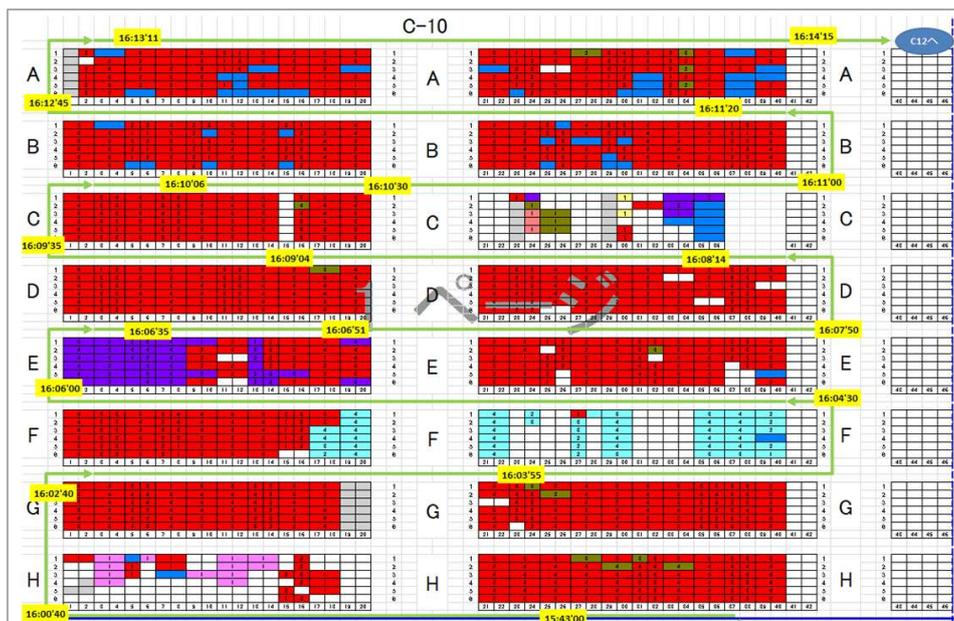


図 4.3-48 コンテナターミナル走行試験ルート 2

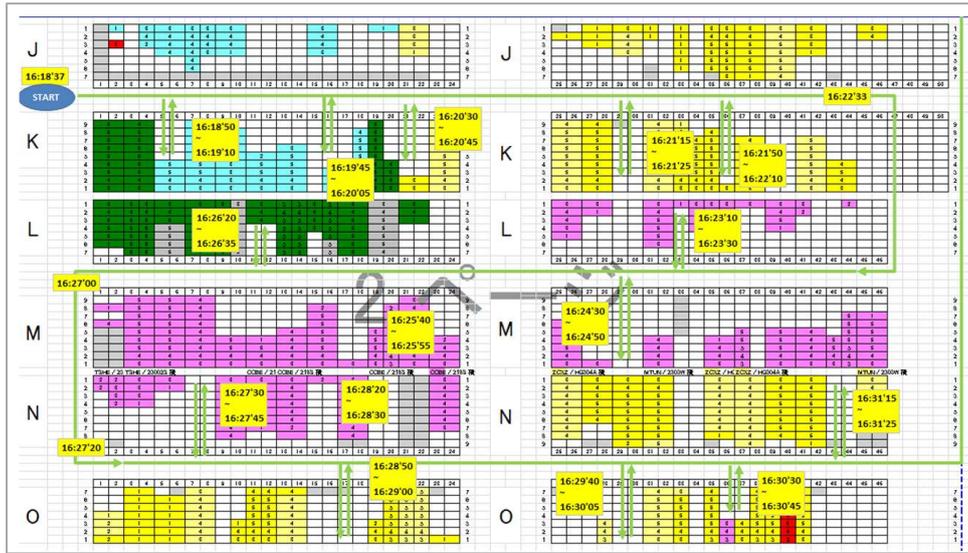


図 4.3-49 コンテナターミナル走行試験ルート 3

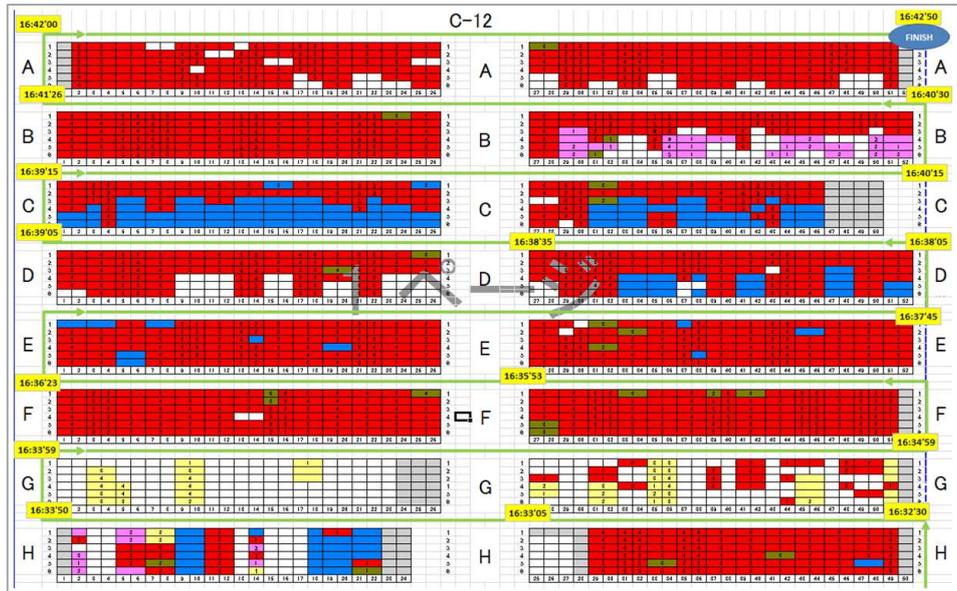


図 4.3-50 コンテナターミナル走行試験ルート 4

コンテナターミナル全域を対象に、トレーラーやトップリフターを模擬した動きを再現しながら、車両で移動し、APAL 社 RAKU+を接続した検証用測定 PC を車両内に設置、コンテナターミナル管理システムサーバーと ping 試験を実施する。ping 設定条件として、データサイズを 1M (実際の業務通信相当) としました。

コンテナターミナル全域で通信が途絶えることはありませんでしたが、C10 バースの空コンテナプールエリア、N レーンのコンテナ谷間において疎通確認がとれない事象が発生しました。

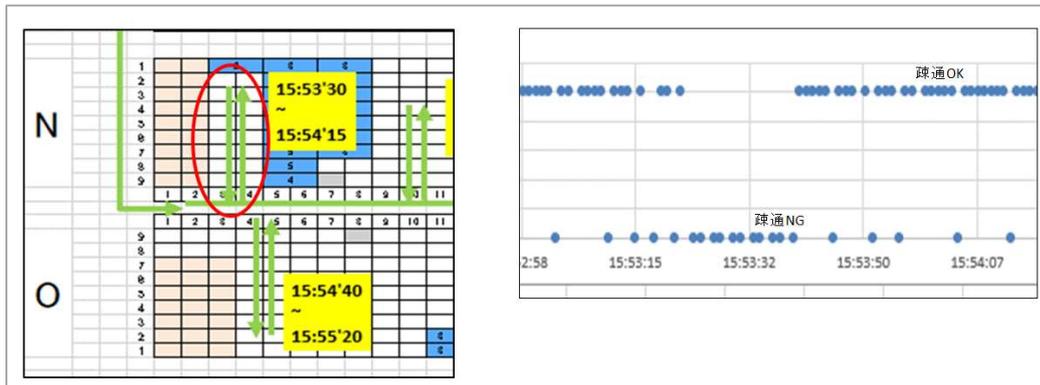


図 4.3-51 疎通確認がとれなかった箇所と ping 結果の抜粋

同日にその箇所で電波強度 (RSRP) とスループットを確認したところ、平均 RSRP: -102.7dBm、平均スループット UL: 114Mbps、DL: 257Mbps を測定できました。ping による疎通確認も問題なくできたため、不問としました。

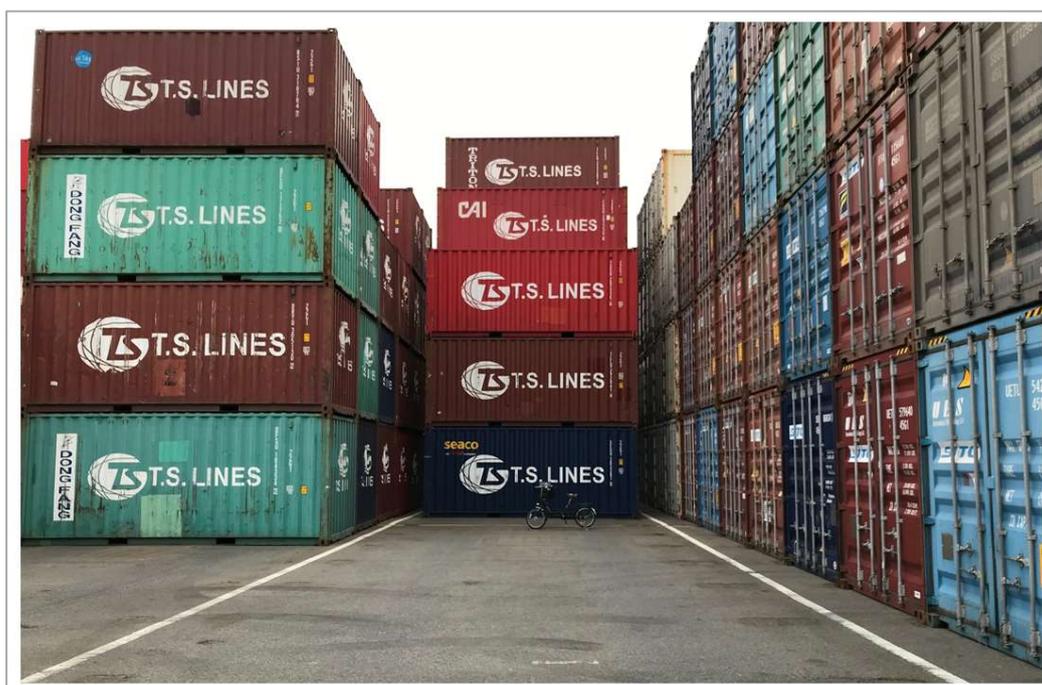


図 4.3-52 疎通確認がとれなかった箇所の風景

- 4K カメラ通信の安定確認

【目標】

RTG 上での通信確認試験として、4K カメラの通信が 3 日間途絶えないことを確認する。

【検証結果】

4K カメラ通信が途絶えることなく、安定通信していることを確認しました。



図 4.3-53 4K カメラレコーダーのエラー履歴画面

- 2023年2月13日 通信に途絶えなし、15:50:46 に業務終了のため、RTG エンジンを切る (エラー)
- 2023年2月14日 08:09:30 に業務開始のため、RTG エンジンをかける (復旧)
- 2023年2月14日 16:39:01 に業務終了のため、RTG エンジンを切る (エラー)
- 2023年2月15日 08:18:13 に業務開始のため、RTG エンジンをかける (復旧)
- 2023年2月15日 21:53:39 に業務終了のため、RTG エンジンを切る (エラー)



図 4.3-54 RTG 運転台に設置の4K カメラ映像

2/13~2/15 の間に対象 RTG は、C12 バース及び C12 延伸部で稼動していました (RTG に搭載している GPS 情報から把握)。C12 バースの E レーン、C12 延伸部の A レーン以外で稼動しており、C12 バース、C12 延伸部のほぼ全域を移動していたことが分かります。これだけの移動を繰り返す中で 4K カメラ通信が断絶することがなかったことは、基地局間のハンドオーバーが正しく行われ、ローカル 5G 基地局間の電波干渉なども発生していない (スループット測定時に電波品質についても数値データ取得、問題のない品質であることを確認済) と確認できました。

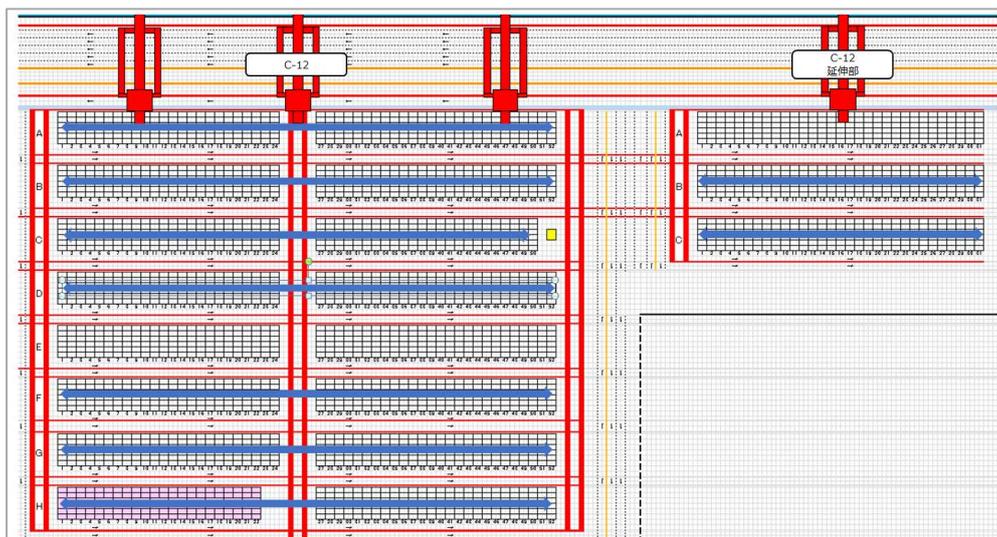


図 4.3-55 2/13~2/15 の対象 RTG の移動範囲(青矢印が移動範囲)

- ローカル 5G 対応端末でのアプリケーション通信試験
【目標】

ローカル5G対応スマートフォンである、FCNT社SD01にコンテナ管理システムのアプリケーションをインストールし、システム側との通信について問題がないかを確認する。

【検証結果】

アプリケーションを介したコンテナ管理システムとの通信を確認できました。

FCNT社SD01のOSがAndroidであるため、対応しているゲート携帯端末アプリケーションを対象にインストールし、リーファーコンテナエリアでの通信確認を行いました。現状のREF端末もスマートフォン型を使用しているため、本実証ではリーファーコンテナエリアで確認を行いました。データ通信量も同程度（1M）であることを確認済みです。ゲートチェック業務で実際に使用したの操作性等確認を行い、作業者からは操作性や使用感、データ通信に問題がなく、スムーズに業務を行えたと評価して頂きました。

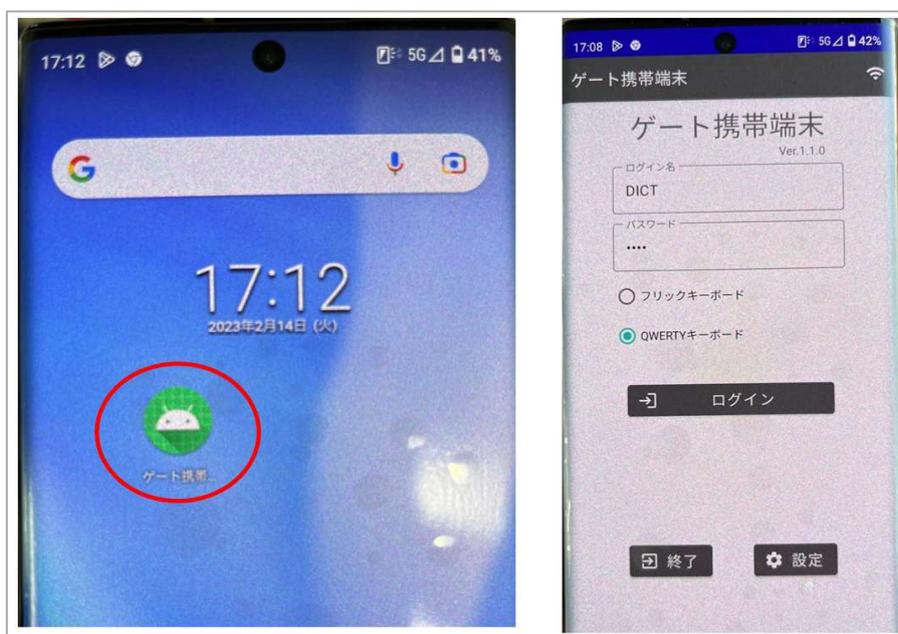


図 4.3-56 インストールしたコンテナターミナル管理システムアプリケーション



図 4.3-57 アプリケーション通信の成功画面

また、RTG の車載端末についても通信確認を行いました。

検証に際しては、5GHz 帯無線アクセスシステムで通信されている車載端末 PC と APAL 社 RAKU+ を LAN ケーブルで接続し、コンテナターミナル管理システムとローカル 5G システムのルーティング設定を変更した上で、起動確認しました。



図 4.3-58 RTG 車載端末 PC とローカル 5G 受信機の接続状況

現状の確認として、5GHz 帯無線アクセスシステム時の RTG 車両番号を認識するまでの起動時間を測定しました。結果、2:31 でした。ローカル 5G システムに切り替え、同様の起動時間を測定しました。結果、2:29 でしたので、現状とほぼ変わらない起動時間であることが確認できました。

この実証に目的は、RTG のエンジンをかけた時点から車載端末が車両番号を認識するまでの時間に、現状以上の時間がかかってしまった場合、業務に支障が生じるため、ローカル 5G システム

経由の起動であっても問題のないことが確認できました。

その後、4日間程度、ローカル 5G 通信での業務を行い、特段のトラブルもありませんでした。

表 4.3-23 RTG 車載端末のローカル 5G 通信成績表

ローカル5G テスト		2023/2/22 昼作業 (12:00-12:30)	11:48~12:45	
		TC 23 号基		
			時間	結果
①車載端末テスト	1 現状確認	IP: xxx.XX.XX.XXX		
		起動時の車両番号の認識するまでの時間の測定	11:50	2:31
	2 ローカル5G受信機 (APAL RAKU+)			
	2-1	DHCPに変更、APAL RAKU+のLANを差す	12:00	
		システム) 車両のIPを変更	12:03	
		IP: 172.XX.XXX.XX	12:07	
		認識の確認	12:07	○
		VNC確認	12:25	○
	3-2	起動時の車両番号の認識するまでの時間の測定①	12:17	1:27
		起動時の車両番号の認識するまでの時間の測定②	12:27	2:29
4 戻し	4.9GHZ			
	APAL RAKU+	★		◎
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 10px auto; width: fit-content;"> <p style="color: red; margin: 0;">期間限定で車載端末：23号をローカル5Gで使用 (2/22昼～2/27昼予定)</p> </div>				

【考察 (課題 I ソリューション運用検証全体)】

トレーラー、トップリフターやリーファーコンテナ管理の地上系通信及び RTG 運転台における地上約 22m でのスループット、安定通信について確認がとれました。また、コンテナターミナル管理システムとローカル 5G システムの接続については、IP 通信の設定を正しく行うことで問題なく連携が可能となりました。システム側のルーティング設定、ローカル 5G 受信機側の IP 通信設定のルールが確認できたこと、安定通信の面でも確認がとれたことで、港湾業務での運用に耐えうることを実証できました。

II. プランニングデータの電子データ化によるコンテナターミナルの保管工程業務の効率化

II-①②の評価・検証項目に対する実証結果の概要は以下の通りとなります。

表 4.3-24 実証結果及び考察の概要

評価項目		実証目標	実証結果	目標達成
Ⅱ - ①	運用における意見集約	実運用する場合の課題等の洗い出し・意見集約を行う	合計 18 人に参加頂き、意見を集約しました。	達成
Ⅱ - ②	運用定着化に向けた施策の検討と実施（マニュアル作成等）	Ⅱ-①で出た意見に対して、対応策を実施・完了する。	3 点の対応策を実施しました。	達成

< Ⅱ-①：運用における意見集約 >

- ・勉強会の実施
 - 実証への導入をスムーズに実施するために、勉強会を実施し、実運用に向けた課題の集約を行いました。
- ・勉強会日時：2023 年 1 月 20 日
- ・参加人数：合計 21 人
- ・内容：
 - 実証内容の説明
 - コンテナプランニングデータ端末の使用方法の説明・デモ
 - コンテナプランニングデータ端末の利用体験
 - 運用に向けた意見集約
- ・勉強会で出た主なコメント
 - 今日の勉強会である程度利用方法は分かったが、忘れてしまうこともあり、また、本日参加していないメンバーに向けて、マニュアルやフローが欲しい。
 - 運用後も、改善点・疑問点が出てくると思うので、定期的にフォローしてほしい。
 - プランニングデータ事前確認のために、RTG オペレーター詰所内でコンテナプランニングデータ端末を利用できるようにしてほしい。

< Ⅱ-②：運用定着化に向けた施策の検討と実施（マニュアル作成等） >

ローカル 5G とコンテナプランニングデータ端末の活用により、従来とは大幅に異なるオペレーションとなることから、実証前から事前に関係各社と打合せを行い、出てきたコメントに対して、運用定着に向けて、3 点の施策を実施しました。

本内容については、他港湾等で本ソリューションを展開・運用定着化させるためにも重要な観点と考えます。

1) マニュアル・フロー作成、配布 (1月下旬)

運用定着化に向けて、RTG内で利用可能なタッチパネル付きPCの操作マニュアル・フローを見ながら習熟していきたいとのコメントがあったため、ポイントを整理し、図を多用した、初めて操作する方でも利用ができることを意識した、マニュアル・フローを作成し、利用者の方へ配布を行いました。

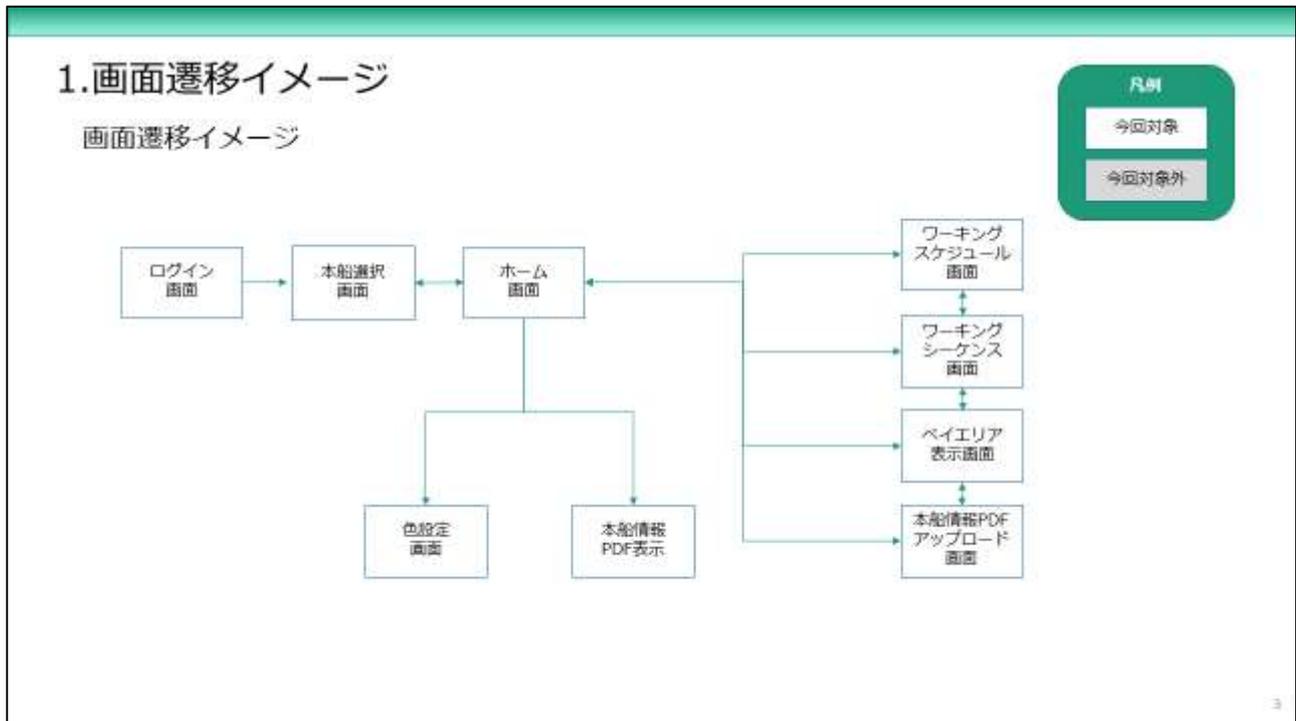


図 4.3-59 画面遷移イメージ

2.画面イメージ

2-1. ログイン画面



図 4.3-60 ログイン画面

2.画面イメージ

2-3. ホーム画面



図 4.3-61 ホーム画面

2.画面イメージ

2-2. 本船選択画面



図 4.3-62 本船選択画面

2.画面イメージ

2-4. ワーキングスケジュール画面



図 4.3-63 ワーキングスケジュール画面

2.画面イメージ

2-5. ワーキングシーケンス画面 (1/4)

最新データを読み込みます

作業進捗グリッド
選択されている本船、G/Cの作業進捗を表示します

サマリーグリッド
選択されている本船に該当するG/C毎の未作業情報を表示します

作業詳細グリッド
選択されている本船、G/Cに該当する作業明細情報を表示します

チェックをつけると、表示データが自動更新されてもグリッドの選択している行が保持されます

船名	船種	船名	船種	船名	船種	船名	船種	船名	船種
400044	20	400044	20	000	000	000	000	000	000
0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000
0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000

船名	G/C	船名	船種	船名	船種	船名	船種	船名	船種
0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000
0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000

船名	船種								
0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000
0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000

図 4.3-64 ワーキングシーケンス画面(1/4)

2.画面イメージ

2-5. ワーキングシーケンス画面 (2/4) (作業進捗グリッドの説明)

掘削/積み、20ft/40ft毎の作業進捗を表示します

()の中はリーファコンテナの未完了件数を表示します

船名	船種	船名	船種	船名	船種	船名	船種	船名	船種
400044	20	400044	20	000	000	000	000	000	000
0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000
0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000

図 4.3-65 ワーキングシーケンス画面(2/4)

2.画面イメージ

2-5. ワーキングシーケンス画面 (3/4) (サマリーグリッドの説明)

G/C毎の未作業情報を
ロケーション単位で表示します

選択G/Cの切り替えを行うと、
作業進捗、作業明細の
表示データが切り替わります

番号	品名	単位	数量	作業	完了	未完了	合計	備考
1
2
3
4
5
6
7
8
9

図 4.3-66 ワーキングシーケンス画面(3/4)

2.画面イメージ

2-5. ワーキングシーケンス画面 (4/4) (作業明細グリッドの説明)

作業明細情報を
作業予定順に表示します

シフトが発生する場合は
赤色でマーキングされます

コンテナ番号をクリックすると
ベイエリア画面に遷移します

コンテナタイプ・オーバーサイズ・
空コンテナ・植物検査・危険品を
色分けして表示します

バーを色分けして表示します

番号	品名	単位	数量	作業	完了	未完了	合計	備考
40
41
42
43
44

図 4.3-67 ワーキングシーケンス画面(4/4)

2.画面イメージ

2-6. バイエリア表示画面



図 4.3-68 バイエリア表示

2.画面イメージ

2-7. 本船情報PDFアップロード画面

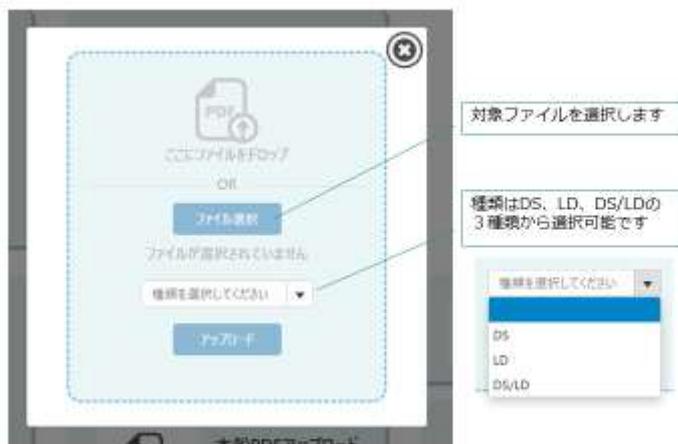
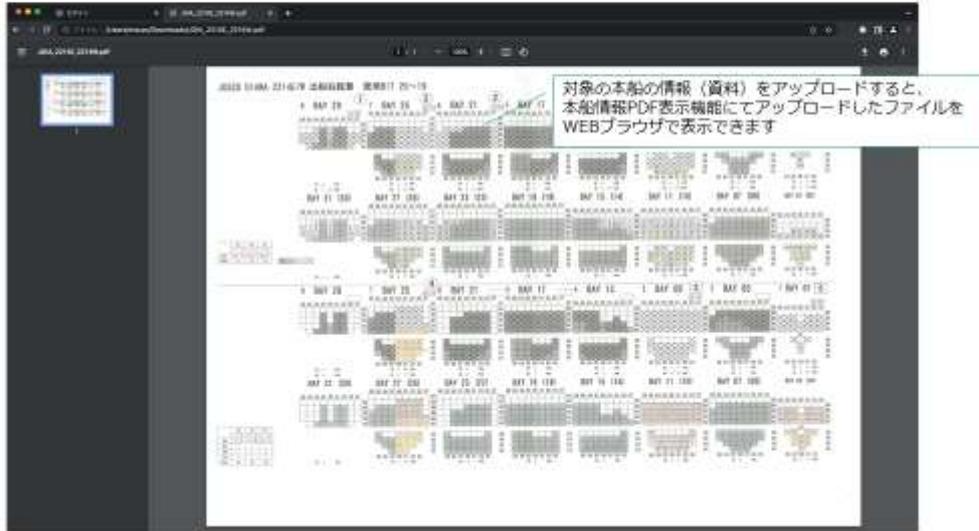


図 4.3-69 本船情報 PDF アップロード画面

2.画面イメージ

2-8. 本船情報PDF表示



15

図 4.3-70 本船情報 PDF 表示

2.画面イメージ

2-9. 色設定画面 (1/3) (ワーキングシーケンス)



15

図 4.3-71 色設定画面(1/3)

2.画面イメージ

2-9. 色設定画面 (2/3) (ワーキングスケジュール)



17

図 4.3-72 色設定画面(2/3)

2.画面イメージ

2-9. 色設定画面 (3/3) (ページ表示)



18

図 4.3-73 色設定画面(3/3)

2) 指摘要望表の作成、機能改善（適宜実施）

コンテナプランニングデータ電子化システムの機能改善に向けて、運用後も、改善点・疑問点をフォローしてほしいというコメントがあったため、定期的に夢洲コンテナターミナル株式会社及び荷役業務に従事する事業者6社より機能改善要望を募り、早急な機能改善を行いました。

合計34件の改善要望を収集することができ、うち28件の改善要望への対応を完了しております。

No	ステータス	指摘要望		内容/状況
		対象	指摘要望	
1	完了	ワーキングスケジュール	サマリ情報に荷役時間（推定される作業開始の時間）を表示したい	本船作業開始前は、入港予定の作業開始予定時間から算出する 本船作業開始後は、その時間から算出する コンテナ1本単位の荷役時間計算は、作業進捗モニタの計算に合わせる ただし、本船のロケーション単位に荷役時間が設定されている場合は、そちらを優先する ※対応後のイメージはシート「No1」参照
2	完了	ワーキングスケジュール	GC切り替えを可能にしたい（現状は、ワーキングシーケンスのみのため）	左記の通り対応する ※対応後のイメージはシート「No2」参照
3	完了	ワーキングシーケンス	荷役時間（推定される作業開始の時間）を表示したい	No.1と同様の対応方法 ※対応後のイメージはシート「No3」参照
5	完了	ペイエリア表示	GCの色情報について、変更してほしい	車載端末画面の色に合わせ、設定を変更する 補足：各画面の色などを変更する機能は、管理者のみ使用可能となります 管理者ユーザのログイン情報 ユーザID：admin1 パスワード：adminpass ※GCの色設定の手順はシート「No5」参照
6	完了	ワーキングシーケンス	OH、OWR、OWL、OLF、OLAのコンテナについて、色を付けて表示したい	REMARKに「OVERSIZE」と表示し、色を付ける 色設定機能で色の変更は可能となります ※対応後のイメージはシート「No6」参照

図 4.3-74 指摘要望表抜粋

運用定着化に向けて、RTG内で利用可能なタッチパネル付きPCの操作マニュアル・フローを見ながら習熟していきたいとのコメントがあったため、ポイントを整理し、図を多用した、初めて操作する方でも利用ができることを意識した、マニュアル・フローを作成し、利用者の方へ配布を行いました。

3) プランニングデータ事前確認用端末の常設

プランニングデータ事前確認のために、RTGオペレーター詰所内でコンテナプランニングデータ端末を利用したいとのコメントがあったため、RTGオペレーター詰所内に端末操作マニュアルとともにプランニングデータ端末を4台設置しました。



図 4.3-75 RTG オペレーター詰所

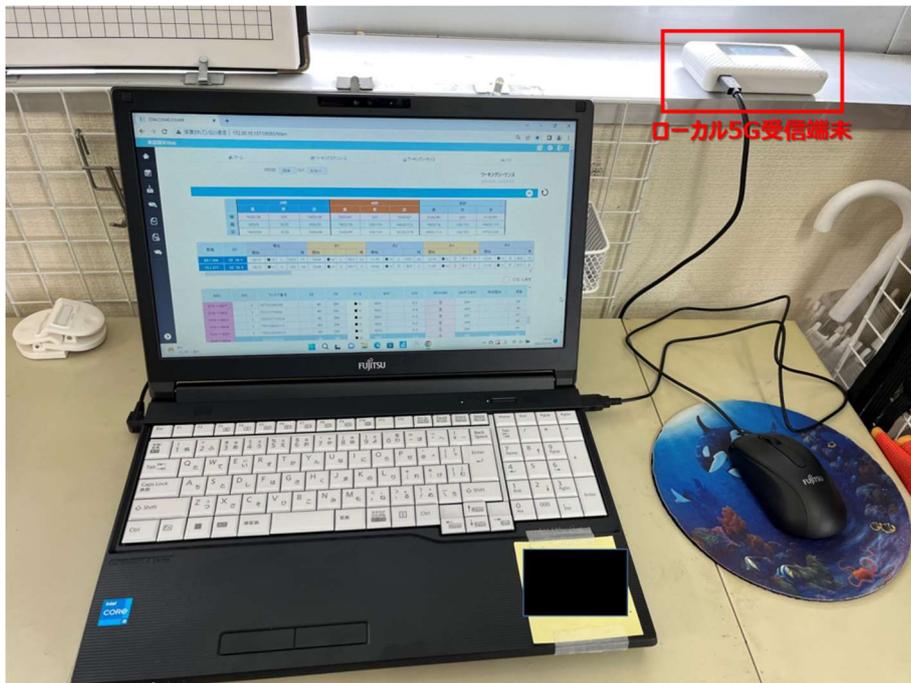


図 4.3-76 詰所内端末設置状況

【まとめ】

ローカル 5G とコンテナプランニングデータ端末の活用により、従来とは大幅に異なるオペレーションとなることから、関係各社から意見を聞きながら、運用定着に向けて、3 点の施策を実施

しました。

施策実施によりオペレーターの方々の操作等習熟環境整備及び機能改善ができたと考えております。

荷役業務に従事する事業者 6 社より募った機能改善要望に関する残要望（6/34 件）については、将来的な RTG 全台へのコンテナプランニングデータ端末導入へ向けた取り組みの際に対応を予定しております。

なお、本内容については、他港湾等で展開・運用定着化させるためにも重要な観点と考えます。

III. トレーラー待機場の混雑状況の可視化

各検証項目について、ヒアリングにより評価をするとともに、評価が低いものについては実運用を踏まえた改善点の洗い出しを実施し、5 段階評価をします。

表 4.3-25 アウトプット

ソリューション	画面操作性	機能操作性	維持 メンテナンス
Ⅲ	5	5	3

評価項目別の考察は以下の通りです。

<画面操作性・機能操作性>

以下の手順で混雑状況の確認ができ、操作の必要がほぼなく、PC・スマートフォン等いずれの端末でも一画面に内容が表示されています。これらのことから画面操作性・機能操作性の観点において実運用に耐えうる表示であると考察できます。

《ポータルサイトでの混雑状況確認手順》

1. 周知文書に記載のリンクからアクセス、または記載の QR コードをカメラで読み取りアクセスする。

周知文書のリンクをクリック



周知文書のQRコードをカメラで取得

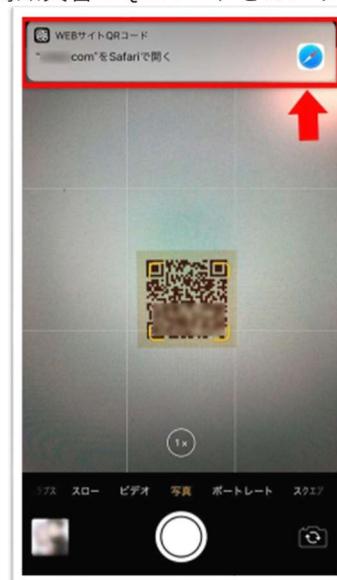
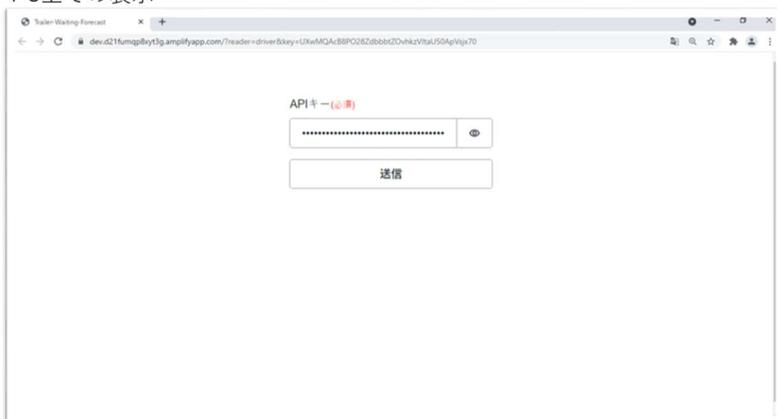


図 4.3-77 ポータルサイトへのアクセス方法

2. そのまま「送信」ボタンを押下する。

PC上での表示



スマホ上での表示



図 4.3-78 API キー入力画面

3. 混雑状況の確認ができるページが表示される

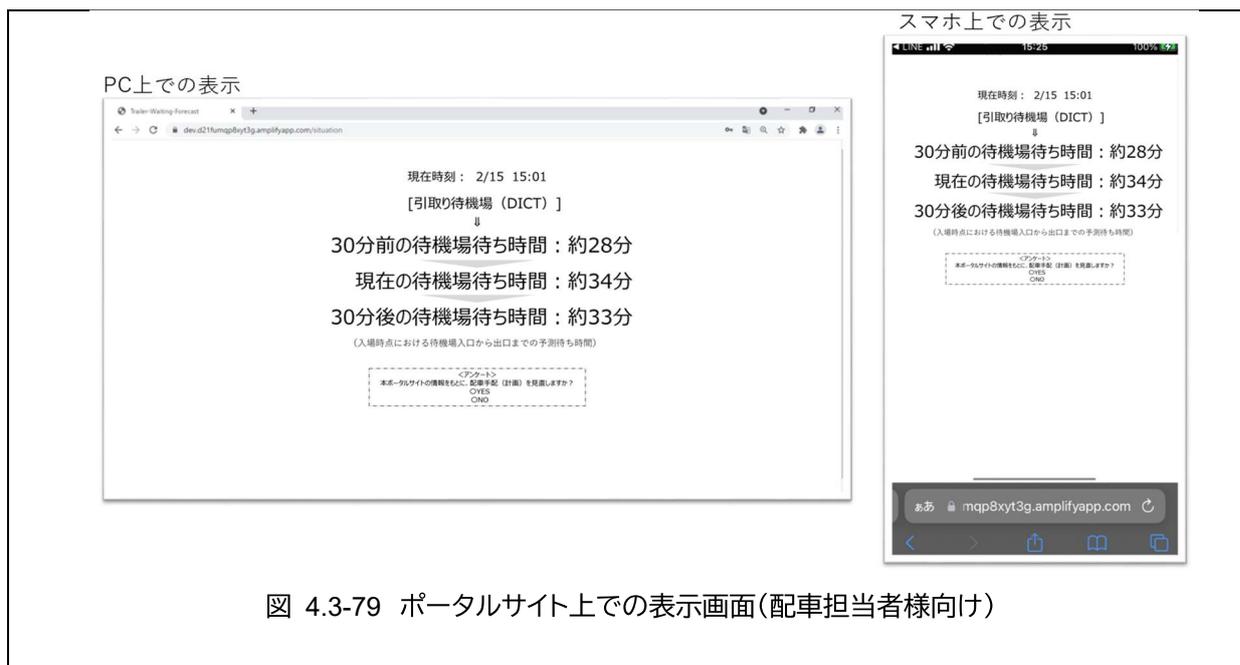


図 4.3-79 ポータルサイト上での表示画面(配車担当者様向け)

混雑状況が閲覧可能なページにおいて、利用者は混雑状況の確認にあたり一切の操作は必要なく、一画面に全ての情報が閲覧可能となっているため、操作性の必要がないという観点から評価を5とした。一方上記プロセスにおいて、API キーの入力が必要なフェーズがありますが港湾関係者へのヒアリングにより QR コード・URL にて混雑状況可視化ポータルサイトへアクセスした場合はデフォルトで API キーが入力された状態となるように改修を行いました。これにより、利用者の負担となる操作がなくなりました。上記2点より評価を5としました。

<維持・メンテナンス等>

維持・メンテナンス等について、アンケート項目の結果及び考察を記載します。

- ・ アンケート調査の対象：配車担当者、ドライバー
- ・ 実施期間（アンケート周知）：2023年2月6日～2023年2月17日
- ・ 実施期間（アンケート実施）：2023年2月20日～2023年3月3日
- ・ 周知方法：配車担当者に対して FAX での配布、ドライバーに対して周知文書（1000枚）の配布
- ・ 有効回答数：50名

ポータルサイトを無料でできるのであれば、無料で利用したいと回答する人が多くを占めることが予想されます。利用者から利用料を得られない場合、運用費の負担をだれが担うのか等の考察を記載します。

1. 収入金額：トラックドライバーを対象にしたアンケート調査結果（回答者：50名目標）

【ポータルサイトが有料でも利用したいですか】に対する回答を集計した結果、合計50名の回答が得られ、30%の方が「①とてもそう思う」または「②そう思う」と回答しました。

集計した結果は以下の通りです。

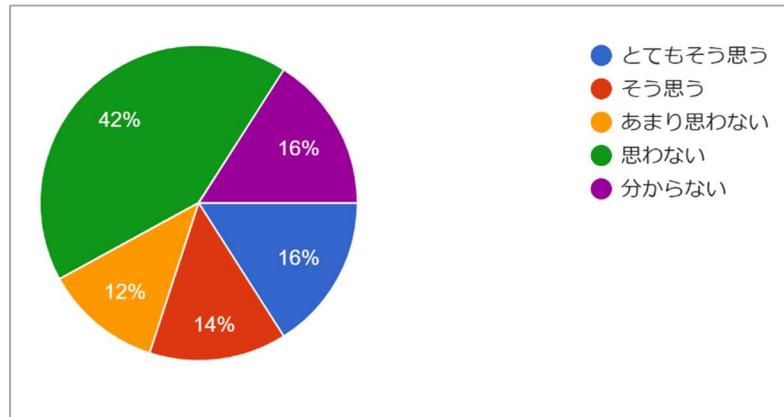


図 4.3-80 【ポータルサイトが有料でも利用したいですか】に対する集計結果

(考察)

ポータルサイトを「有料でも利用したいか」について、「思わない」と回答した人が42%、「あまり思わない」が12%存在し、否定的な意見が半数以上を占めました。一方、「とてもそう思う」「そう思う」と回答した方も30%存在することも明らかとなった。所属別で見ると、配車担当者の方は有料であっても使いたいと考えている割合が43%であるのに対して、ドライバーの方は25%と大きく割合を落としていることが分かりました。このことから、有料化のハードルは配車担当者の方が低いことが分かりました。また、COMPAS等の別のシステムとの連携により負担を減らす必要がある可能性が示唆されました。

また、【適切な月額料金はいくらだと思いますか】に対する意見を集計した結果、合計4名の回答が得られました。

集計した結果は以下の通りです。

【【適切な月額料金はいくらだと思いますか】に対する意見結果】

適切な月額料金に関するアンケート結果

アンケート結果：n=4

「300円」：2名

「300円まで」：1名

「500円まで」：1名

適切な月額料金について、300円～500円という回答がありました。自由記述の回答で回答者数が少なかったため、利用料金に関する明確な傾向は得られませんでした。しかし所属別で見ると、具体的な月額料金を回答した方は配車担当者様のみであることが分かりました。このことから前項に引き続き有料化のハードルはドライバーの方が高いことが分かりました。

2. 費用：「ポータルサイトの開設費用」及び「ポータルサイトの維持費用」

ポータルサイトの維持・メンテナンス等に関する費用を「ポータルサイトの開設にあたって発生した費用」及び「ポータルサイトの維持に必要な費用」に分けて積算しました。

それぞれの金額は以下の通りです。

表 4.3-26 ポータルサイトの開設にあたって発生した費用

No.	システム	項目	金額(円)	備考
1	車番認証システム	機器費・ソフトウェア費	1,800,000	エンジン PC 外部アプリケーション連携機能 車番認識用カメラ
		現地調査費	200,000	
		導入設置費	500,000	
		試験立会い・サポート費	200,000	
		営業管理費	100,000	
		ソフトウェア運用費	300,000	
2	ポータルサイト	データ解析費	1,000,000	
		モデル作成費	4,500,000	
		報告書作成費	1,000,000	
		API 作成費	2,300,000	
		ポータルサイト作成費	1,000,000	
合計(税抜)			12,900,000	

表 4.3-27 ポータルサイトの維持に必要な費用(年間)

No.	システム	項目	金額(円)	備考
1	車番認証システム	ソフトウェア運用費	300,000	
2	ポータルサイト	ポータルサイト運用費	1,900,000	
		データ解析費	1,000,000	
		クラウド利用料	60,000	
合計(税抜)			3,260,000	

上記より、混雑状況可視化ポータルサイトの維持に必要な費用は 326 万円であり、メンテナンスによる更改が発生した場合に必要な費用は 1290 万円必要となります。なお、更改はメーカー推奨の 5 年ごとの更改を行うものとします。

C10 ゲートの 1 日の利用者は平均 1092 人です。1 ヶ月間でトレーラー待機場を利用し、ポータルサイトの月額費用(300 円)を負担する人数をこの 1092 名と仮定した場合月額 327,600 円、年間で約 393 万円の収入となる。これはポータルサイトの維持に必要な年間費用(326 万円)を超

える金額となりますので維持費については評価を5としました。一方で5年間の収入(約1966万円)から5年間の維持費(1630万円)を引いた金額は335万円であり、これはポータルサイトの開設費用(1290万円)には及ばなかったためメンテナンスについては評価を1としました。上記より、本項目は評価を3としました。

(3) 効果検証

1) 検証項目

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

既存業務用通信に加え、プランニングデータの電子化、スマートグラスを活用したコンテナダメージチェックの遠隔化など、複数のソリューションを同時に機能させた場合の費用対効果进行评估します。

● ローカル5Gネットワーク導入に対する費用対効果

ローカル5G導入費用－効果額(本年実証ソリューション＋昨年実証ソリューション)

II. プランニングデータの電子データ化によるコンテナターミナルの保管工程業務の効率化 現状の運用方法との比較により、評価する。

- ・ RTGオペレーターが行っている工程確認作業の削減費用/月を算出
- ・ 印刷に係る諸経費/月、印刷に係る削減費用/月を算出
- ・ リアルタイム更新による修正作業の削減費用/月を算出

評価・検証方法は以下の通りとなります。

なお、評価・検証方法については、現状との比較を基本として実施しました

II-①～③の評価・検証項目に対する評価・検証方法の概要は以下の表となります。

表 4.3-28 評価・検証方法の概要

定量・定性	(1) 評価・検証項目	(2) 評価・検証方法
定量	① 生産性向上/年	<p><u>現状の方法との比較を実施</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 工程確認作業及びプランニングデータ印刷作業の時間/年を比較 ・ 現状については、現在業務の平均時間をもとに設定 <p><現状：工程確認作業及び印刷作業></p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 印刷、仕分け作業約 40 分/回 ・ プランニングデータ工程確認作業精査約 30 分/回 ・ プランニングデータ修正作業（印刷+各 RTG 駆けつけ）約 90 分/回 <p><目標：ローカル 5G 活用場合の時間></p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 印刷、仕分け作業 0 分 <p>※印刷作業自体が不要となる</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 工程確認作業精査約 25 分/回 <p>※紙資料へのマーキング等が不要となることから精査作業が効率化できると想定</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ プランニングデータ修正作業 0 分 <p>※システムによる自動更新となる</p> <p><目標：生産性向上/年></p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 印刷作業 1 回あたりの削減作業時間 40 分×120 隻/月×12 ヶ月=960 時間/年 ・ 1 回あたりの削減作業時間 5 分×120 隻/月×RTG3 台/隻×12 ヶ月=360 時間/年 ・ プランニングデータ修正作業 1 回あたりの削減作業時間 90 分×1 ヶ月の作業発生回数 24 回×12 ヶ月=432 時間/年 ・ 合計 960 時間/年+360 時間/年+432 時間/年=1,752 時間/年
定量	② 削減費用/年	<p><u>現状の方法との比較を実施</u></p> <p>※工程確認作業及びプランニングデータ印刷作業の時間/年を比較の費用/年を比較</p> <p><目標：削減費用/年></p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 生産性向上合計 1,752 時間/年（Ⅱ-①:目標より）×単金約 2,300 円/時=約 403 万円 <p>※実際の単金は非公開情報のため、算出で用いる単金は令和 4 年 3 月厚生労働省港湾労働関係資料の数値を採用</p> <p>https://www.mhlw.go.jp/content/11606000/000915642.pdf</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 紙印刷削減費用：（月間インク費用 6 万円+月間紙費用 7 万円）×12 ヶ月=156 万円 ・ 合計 403 万円+156 万円=約 559 万円
定性	③ 品質	<p><u>アンケートによる検証を実施</u></p> <p>主なアンケート項目は以下</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 画面操作性は問題ないか ・ 機能は十分であるか ・ 既存作業への影響はないか ・ 危険工程を削減できたか等 <p><目標：品質></p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 全 7 項目で 5 段階評価の平均値が 4.0 以上 <p>（選択項目）</p> <p>5：とても良い、4：良い、3：普通、2：やや悪い、1：非常に悪い</p> <p>（採点方法）</p> <p>（選択項目×選択人数）÷アンケート回答者の総数</p>

Ⅱ-①～③の評価・検証項目に対する詳細は以下の通りとなります。

<Ⅱ-①：生産性向上/年>

【前提条件】

今回の実証フィールドである、夢洲コンテナターミナルには、30台のRTGが存在します。本船からの荷揚げ、本船への積み込み作業では、複数の紙ベースのデータを確認し、作業を進めています。また、プランニングデータ修正発生時には、再度プランニングデータを印刷し、対象RTGへ駆けつけ作業を実施しています。

工程確認作業及びプランニングデータ印刷作業の現状フローと各フローの時間は以下の通りとなります。

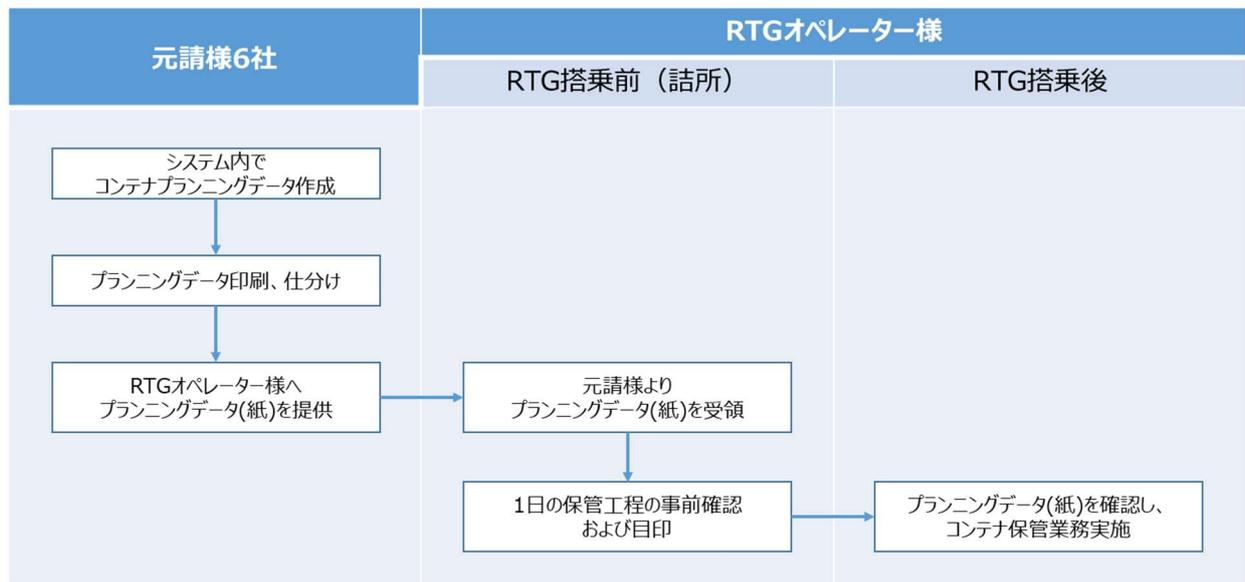


図 4.3-81 現状プランニングデータ運用フロー(通常時)

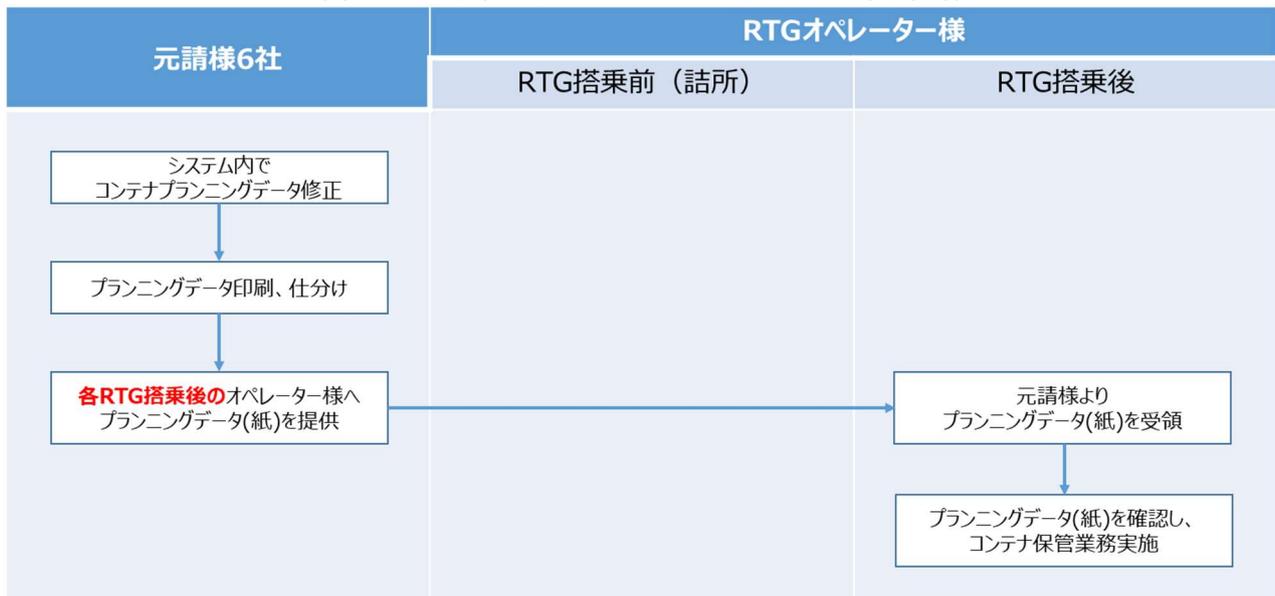


図 4.3-82 現状プランニングデータ運用フロー(修正発生時)



図 4.3-83 ソリューション利用時プランニングデータ運用フロー(通常時)



図 4.3-84 ソリューション利用時プランニングデータ運用フロー(修正発生時)

表 4.3-29 プランニングデータ運用フロー(稼働時間)

	現状フロー	業務内容	時間
① プランニングデータ印刷、仕分け	 	プランニングデータ印刷、RTGごとに仕分け	約 40 分

	現状フロー	業務内容	時間
② 工程確認作業		1日の工程確認、目印への色付け加工	約30分
③ プランニングデータ修正 ※修正発生時のみ		プランニングデータ印刷、RTGごとに仕分け、対象RTGへの駆けつけ	(約90分)
合計			分

RTGオペレーターは、RTG搭乗前に同一本船の作業を実施するオペレーター間で工程確認作業を伴う打合せを約30分間実施しております。工程確認作業の打合せの中で、作業対象のコンテナ番号等に手書きで目印を記載しております。電子化後のコンテナプランニングデータにおいても同様にコンテナプランニング業務に影響が出ないように、コンテナ番号に対し任意メッセージを入力機能や色分けすることで目印とする機能を具備しております。

また、作業中/完了コンテナ番号を自動更新により色分けすることが可能となり、従来RTGオペレーター間で無線で情報連携していた作業進捗が一目で確認できる機能を具備しております。

WORKING SEQUENCE LIST
 本船: [REDACTED] VOYAGE (船): 2250E
 本船BAY: 02 H 荷役手順番号: 4

荷役	SIZE	TYPE	OPS	CONTAINER	Y.Loc	Y.Loc	SEAL NO.	REMARK1	REMARK2
40	40'	DD	SJJ	TW04070554	C12-02763	020102	SJJC654430		
41	40'	DD	SJJ	TW04070796	C12-02753	020202	SJJC654421		
42	40'	DD	SJJ	SEK04093392	C12-02782	020104	SJJC652542		
43	40'	DD	SJJ	TW04064849	C12-02752	020204	SJJC654403		
44	40'	DD	SJJ	TR08111295	C12-00724	020506	SJJC678807		
45	40'	DD	SJJ	TX03064559	C12-00733	020306	SJJC656298		
46	40'	DD	SJJ	TX03064559	C12-00733	020306	SJJC656298		
47	40'	DD	SJJ	TW08092149	C12-00733	020106	SJJC656290		
48	40'	DD	SJJ	TW08088176	C12-00713	020409	SJJC656870		
49	40'	DD	SJJ	TR08092023	C12-00752	020508	SJJC654424		
50	40'	DD	SJJ	HAR05017767	C12-00732	020308	SJJC656288		
51	40'	DD	SJJ	TX03064099	C12-00724	020108	SJJC656251		
52	40'	DD	SJJ	TX03064099	C12-00723	020208	SJJC656252		
53	40'	DD	SJJ	SEK09233111	C12-00722	020408	SJJC688004		

WORKING SEQUENCE LIST
 本船: [REDACTED] VOYAGE (船): 2250E
 本船BAY: 09 H 荷役手順番号: 8

荷役	SIZE	TYPE	OPS	CONTAINER	Y.Loc	Y.Loc	SEAL NO.	REMARK1	REMARK2
71	20'	DD	SJJ	TW02105126	C12-00513	090502	SJJC659422		
72	20'	DD	SJJ	TLU02041005	C12-00522	090302	SJJC659440		
73	20'	DD	SJJ	TW02098284	C12-00512	090402	SJJC655441		
74	20'	DD	SJJ	TW02122709	C12-04324	090602	SJJC656333		
75	20'	DD	SJJ	TW02158722	C12-04333	090504	SJJC656313		
76	20'	DD	SJJ	TW02158722	C12-04323	090304	SJJC656324		
77	20'	DD	SJJ	TW02158722	C12-04313	090404	SJJC656305		
78	20'	DD	SJJ	TW02158722	C12-04322	090604	SJJC656292		

WORKING SEQUENCE LIST
 本船: [REDACTED] VOYAGE (船): 2250E
 本船BAY: 01 H 荷役手順番号: 5

荷役	SIZE	TYPE	OPS	CONTAINER	Y.Loc	Y.Loc	SEAL NO.	REMARK1	REMARK2
54	20'	DD	SJJ	XK02104000	C10-00521	010606	001-61cm OR: 積 アジスタ使用 ヤードから		

WORKING SEQUENCE LIST
 本船: [REDACTED] VOYAGE (船): 2250E
 本船BAY: 02 D 荷役手順番号: 6

荷役	SIZE	TYPE	OPS	CONTAINER	Y.Loc	Y.Loc	SEAL NO.	REMARK1	REMARK2
55	40'	DD	SJJ	SEK04093411	C12-02724	020782	SJJC649118		
56	40'	DD	SJJ	TW04048253	C12-02724	020582	SJJC649122		
57	40'	DD	SJJ	TW04074354	C12-02723	020382	SJJC649201		
58	40'	DD	SJJ	TW04050125	C12-02732	020182	SJJC656431		
59	40'	DD	SJJ	TW03064099	C12-00712	020282	SJJC656431		
60	40'	DD	SJJ	TW03064099	C12-00721	020482	SJJC656436		
61	40'	DD	SJJ	TW03064099	C12-00721	020682	SJJC656428		
62	40'	DD	SJJ	SEK03366300	C12-00711	020882	SJJC656801		

WORKING SEQUENCE LIST
 本船: [REDACTED] VOYAGE (船): 2250E
 本船BAY: 11 H 荷役手順番号: 7

荷役	SIZE	TYPE	OPS	CONTAINER	Y.Loc	Y.Loc	SEAL NO.	REMARK1	REMARK2
63	20'	DD	SJJ	TW02141015	C12-00552	110502	SJJC656409		
64	20'	DD	SJJ	DF030186377	C12-00542	110302	SJJC649119		
65	20'	DD	SJJ	TW02144956	C12-00561	110402	SJJC656432		
66	20'	DD	SJJ	DF030186377	C12-00551	110602	SJJC649132		
67	20'	DD	SJJ	TW02137114	C12-00532	110504	SJJC6568025		
68	20'	DD	SJJ	HAR02041059	C12-00541	110204	SJJC656252		
69	20'	DD	SJJ	TW02090108	C12-00523	110404	SJJC656256		
70	20'	DD	SJJ	TW02142541	C12-00531	110604	SJJC667656		

WORKING SEQUENCE LIST
 本船: [REDACTED] VOYAGE (船): 2250E
 本船BAY: 10 H 荷役手順番号: 9

荷役	SIZE	TYPE	OPS	CONTAINER	Y.Loc	Y.Loc	SEAL NO.	REMARK1	REMARK2
79	40'	DD	SJJ	FS02133725	C12-02743	100102	SJJC652591		
80	40'	DD	SJJ	TW04070116	C12-02742	100202	SJJC656204		
81	40'	DD	SJJ	TW04068931	C12-02761	100104	SJJC686009		
82	40'	DD	SJJ	TW04072738	C12-02751	100204	SJJC656320		
83	40'	DD	SJJ	TW04072738	C12-02751	100506	SJJC656320		
84	40'	DD	SJJ	TR08104042	C12-02943	100204	SJJC656444		
85	40'	DD	SJJ	TW04080418	C12-02944	100306	SJJC656423		
86	40'	DD	SJJ	TX03064559	C12-02944	100106	SJJC656213		
87	40'	DD	SJJ	TX03064559	C12-02944	100206	SJJC656248		
88	40'	DD	SJJ	TX03064559	C12-02942	100106	SJJC656248		
89	40'	DD	SJJ	TX03064559	C12-02943	100606	SJJC656248		
90	40'	DD	SJJ	TX03064559	C12-02962	100506	SJJC656435		
91	40'	DD	SJJ	TX03064559	C12-02961	100306	SJJC656427		
92	40'	DD	SJJ	TX03064559	C12-02923	100106	SJJC656317		
93	40'	DD	SJJ	SEK04093299	C12-02923	100206	SJJC656225		
94	40'	DD	SJJ	TW03094728	C12-02913	100406	SJJC656250		
95	40'	DD	SJJ	TW03094728	C12-02922	100606	SJJC656410		

WORKING SEQUENCE LIST
 本船: [REDACTED] VOYAGE (船): 2250E
 本船BAY: 11 D 荷役手順番号: 10

荷役	SIZE	TYPE	OPS	CONTAINER	Y.Loc	Y.Loc	SEAL NO.	REMARK1	REMARK2
95	20'	DD	SJJ	TW02155236	C12-02834	110782	SJJC656226		
96	20'	TT	SJJ	WT02022723	C12-04033	110582	NIL		
97	20'	TT	SJJ	WT02022742	C12-04032	110382	NIL		
98	20'	DD	SJJ	TW02151116	C12-04041	110182	NIL		
99	20'	DD	SJJ	TW02154692	C12-04053	110282	SJJC656216		
100	20'	DD	SJJ	TW02151517	C12-04051	110482	SJJC656450		
101	20'	DD	SJJ	TW02151517	C12-04052	110682	SJJC656450		
102	20'	DD	SJJ	TW02145941	C12-04013	110882	SJJC656439		
103	20'	TT	SJJ	WT02022752	C12-04022	110682	SJJC656260		
104	20'	TT	SJJ	WT02022723	C12-04031	110384	NIL		

図 4.3-85 コンテナプランニングデータ(紙)

2-4. ワーキングスケジュール画面

対象本船のG/C一覧をプルダウンに表示します
G/Cを切り替えると、表示データが切り替わります

チェックをつけると、表示データが自動更新されてもグリッドの選択している行が保持されます

最新データを読み込みます

実/空・コンテナタイプなど、作業の区切りに線が入ります

任意メッセージを入力することが可能です

リーファコンテナ・空コンテナを文字色で分けて表示します

SEQ	SHIP'S BAY	ハッチカバ PCS	DISCHARGING SHIFT	LOADING RELOAD	ON BOARD	YARD BAY	REMARK	累計	荷役開始	フリーコメント					
11	13D	▲	9				C10-G14 * 9								
12	15D		9				C10-G14 * 1, C10-G23 * 7, C10-J22 * 1		70						
13	14H		12				C10-G29 * 4, C10-G33 * 8		82						
14	15H	▼	23				C10-G23 * 5, C10-G24 * 12, C10-G31 * 11, C10-G32 * 1		111	10:58 コンテナ番号「TESTXXX...					
15	13H		29				C10-G32 * 8, C10-G35 * 5, C10-G36 * 8, C10-G37 * 7, C10-G38 * 1		140	11:47					
16	13H			3			C11-C68 * 1, C11-C55 * 2		143	12:03					
17	15H			4			C11-C55 * 3, C11-C67 * 1		147	12:09					
18	14H			3			C11-C57 * 1, C13-J09 * 2	E * 2, 96 * 1	150						
19	15D				1		C11-C67 * 1		151						
20	14D				3		C13-J09 * 3	E * 3	154						
21	10D				4		C11-C65 * 4		158	12:28					
TTL			91	46	1	1	7	10	1	1	0	0	GTL	158	

図 4.3-86 コンテナプランニングデータ端末操作画面抜粋

年間の工程確認作業及びプランニングデータ印刷作業の各工程における作業時間は、以下の算定となります。

プランニングデータ印刷、仕分け

- ・ 1回あたりのプランニングデータ印刷、仕分け時間：約 40 分
- ・ 1ヶ月あたりのプランニングデータ印刷、仕分け回数：約 120 回（月間船数）
- ・ 1年あたりのプランニングデータ印刷、仕分け回数：約 1440 回（約 120 回×12ヶ月）
- ・ 年間のプランニングデータ印刷、仕分け作業時間：約 960 時間（約 40 分×約 1,440 回=約 57,600 分）

工程確認作業

- ・ 1回あたりの工程確認作業時間：約 30 分
- ・ 1ヶ月あたりの工程確認作業回数：約 360 回（月間船数×RTG3 台/隻）
（船 1 隻に対して RTG3 台稼動）
- ・ 1年あたりの工程確認作業回数：約 4,320 回
（約 360 回×12ヶ月）
- ・ 年間の工程確認作業時間：約 2,160 時間（約 30 分×約 4320 回=約 129,600 分）

プランニングデータ修正

- ・ 1回あたりのプランニングデータ修正時間：約 90 分
- ・ 1ヶ月あたりのプランニングデータ修正回数：約 24 回
- ・ 1年あたりのプランニングデータ修正回数：約 288 回
（約 24 回×12ヶ月）
- ・ 年間のプランニングデータ修正時間：約 432 時間（約 90 分×約 288 回=約 25,920 分）

【現状】

年間の工程確認作業及びプランニングデータ印刷作業総時間：約 3,552 時間（960 時間+2,160 時間+432 時間）

III. トレーラー待機場の混雑状況の可視化

以下のⅢ-1 からⅢ-5 を実施し、現状の運用方法との比較により評価する。

- ・ Ⅲ-1 可視化前のトレーラー台数、滞留時間等のデータを収集
- ・ Ⅲ-2 可視化サイトのオープンを関係各所に周知
- ・ Ⅲ-3 可視化サイトのオープン後の、トレーラー台数、滞留時間等のデータを収集
- ・ Ⅲ-4 サイト閲覧カウンター、アンケートの実施により、行動変容の裏付け調査を実施
- ・ Ⅲ-5 可視化前後での差分を分析、評価

Ⅲ-1 からⅢ-5 それぞれの詳細は以下となります。

<Ⅲ-1 可視化前のトレーラー台数、滞留時間等のデータを収集>

実施期間：2022 年 12 月 16 日～2023 年 1 月 14 日 の計 23 営業日

(2022年12月31日～2023年1月3日、及び日祝日除く)

データ収集を以下の手順に基づき実施しました。

データの抽出

- ・ 実施方法：カメラ映像の取得
トレーラー待機場の入場ゲート、退場ゲートそれぞれにカメラを2台設置し入退場ゲートの映像を取得しました。映像からゲートを通過する車両ナンバーを抽出し各車両の入場時刻、退場時刻等を取得しました。
- ・ 評価項目：車両ナンバー認識率の確認
入退場する車両の認識台数とC10ゲート（トレーラー待機場を退場した車両が向かうゲート）の利用台数が一致していること。

データの送信

- ・ 実施方法：JSON データを送信
得られたデータをJSON形式化し、データ分析サーバーへと送信しました
- ・ 評価項目：データ送受信率の確認
入退場する車両の認識台数とデータ分析サーバーの認識台数が一致していること

データの収集

- ・ 実施方法：受信したJSONデータの各データ要素を分析し、各日の入退場データを収集しました。収集したデータからポータルサイト上に表示する予測待機時間を導出し、実際の待機時間と比較します。
- ・ 評価項目：予測待機時間の精度の確認
各日の実際の待機時間と予測待機時間が一致していること
ポータルサイトの利用者が混雑状況を読み取れること

<Ⅲ-2 可視化サイトのオープンを関係各所に周知>

- ・ 実施期間：2023年1月31日～2023年2月4日
- ・ 実施方法：周知文書の配布
夢洲エリアを走行するトレーラーの運転手にとその配車担当者の方々に周知を実施しました。
周知にあたり大阪府トラック協会様にご協力頂き、トラック協会メンバーに配布しました。
- ・ 評価項目：可視化サイトのアクセス数の確認

<Ⅲ-3 可視化サイトのオープン後の、トレーラー台数、滞留時間等のデータを収集>

- ・ 実施期間：2023年2月6日～2023年3月6日の計23営業日（日祝日除く）
- ・ 実施方法：<Ⅲ-1 可視化前のトレーラー台数、滞留時間等のデータを収集>と同様にデータの抽出、データの送信、データの収集を行います。
- ・ 評価項目：予測待機時間の精度の確認
各日の実際の待機時間と予測待機時間の精度の確認

<Ⅲ-4 サイト閲覧カウンター、アンケートの実施により、行動変容の裏付け調査を実施>

- ・ 実施期間（アンケート周知）：2023年2月6日～2023年2月17日
- ・ 実施期間（アンケート実施）：2023年2月20日～2023年3月3日
- ・ アンケート対象：配車担当者、ドライバー
- ・ 周知方法：周知文書の配布
配車担当者に対してFAXでの配布、ドライバーに対して周知文書（1000枚）の配布を実施します。
- ・ 評価項目：アンケート結果による行動変容率の評価
今回のポータルサイトによって利用者がどの程度混雑回避の行動変容が起きたかをアンケートにて裏付け調査を行います。更にポータルサイトの改善案として、より利用者が求めている情報の確認や今回のポータルサイトの利便性を確認します。

<Ⅲ-5 可視化前後での差分を分析、評価>

- ・ 実施期間：2023年2月6日～2023年3月16日
- ・ 評価項目：ポータルサイトの公開前後での行動変容について評価
Ⅲ-1～Ⅲ-4にて収集したデータや内容をもとに以下の項目について分析、評価を行います。更に全日程で共通した特徴についても考察を行います。

2) 検証方法

- 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
 - ・ 既存の5GHz帯無線アクセスシステム等の更改費用を算出
 - ・ ローカル5Gシステムの導入費用を算出
 - ・ ローカル5Gシステムを導入したことによる効果額を算出
 - ・ 既存の5GHz帯無線アクセスシステムとローカル5Gシステムの導入時の収支計画を比較
- II. プランニングデータの電子データ化によるコンテナターミナルの保管工程業務の効率化

<Ⅱ-②：費用削減/年>

【前提条件】

従事者の単金については、非公開情報のため、本実証の算出で用いる単金は令和4年3月厚生労働省港湾労働関係資料の令和2年の港湾労働者における以下の公表数値をもとに算出しました。

- ・ 1月あたり賃金：358,600円÷月所定労務時間：155時間＝約2,300円

1. 港湾労働者の雇用の動向に関する事項

(1) 港湾労働者の月間推計給与額及び月間推計実労働時間の推移

- 港湾労働者の月実労働時間は、全産業よりも高い水準で推移。
- 港湾労働者は、全産業に比べて超過勤務が多い特徴がある。

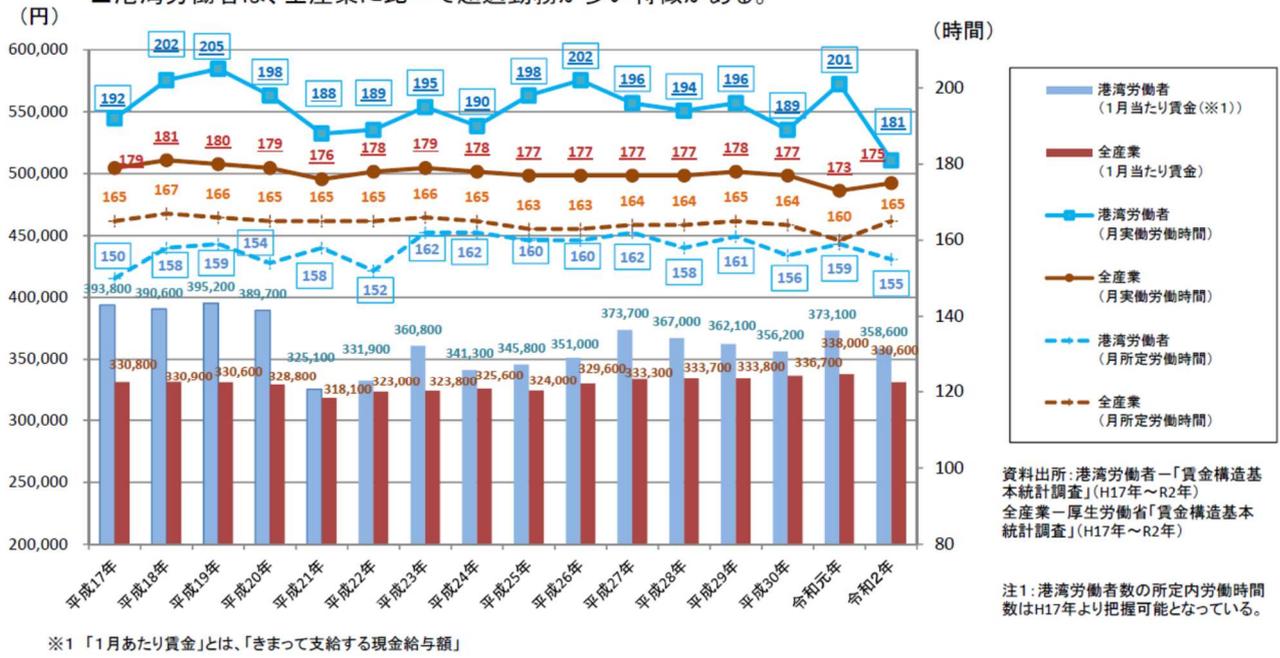


図 4.3-87 港湾労働者の雇用の動向に関する事項

(引用：令和4年3月厚生労働省港湾労働関係資料)

<https://www.mhlw.go.jp/content/11606000/000915642.pdf>

【現状】

上記より、現状の年間の工程確認作業及びプランニングデータ印刷作業の総費用は以下の通りとなります。

- ・ 年間の工程確認作業及びプランニングデータ印刷作業総費用：約 998 万円
(年間の工程確認作業及びプランニングデータ印刷作業総時間：約 2,420 時間×単金：約 2,300 円/時=約 557 万円)

< II - ③ : 品質 >

工程確認作業場合において、品質の観点で重要なポイントとなる、以下の9項目について、事業者にアンケートを実施しました。

表 4.3-30 ヒアリング項目

No	ヒアリング項目
1	画面操作性は問題ないか
2	機能操作性は問題ないか
3	既存作業への影響はないか

No	ヒアリング項目
4	危険軽減できたか
5	これからも継続して利用してみたいか

【目標】

Ⅱ－①～③の評価・検証項目に対する実証目標は以下の通りとなります。

表 4.3-31 実証目標

評価項目		実証目標
Ⅱ－①	生産性向上/年	1,752 時間/年
Ⅱ－②	削減費用/年	約 403 万円/年
Ⅱ－③	品質	全 7 項目で 4.0 以上

< Ⅱ－①：生産性向上/年 >

以下で目標値を設定しました。

【現状】

- ・ 印刷、仕分け作業約 40 分/回
- ・ プランニングデータ工程確認作業精査約 30 分/回
- ・ プランニングデータ修正作業（印刷+RTG 駆けつけ）約 90 分/回

【目標：ローカル 5G 活用した場合の時間】

- ・ 印刷、仕分け作業 0 分
※印刷作業自体が不要となる
- ・ システム接続・準備 5 分+工程確認作業精査約 20 分=約 25 分/回
※紙資料へのマーキング等が不要となることから精査作業が効率化できると想定
- ・ プランニングデータ修正作業 0 分
※システムによる自動更新となる

【目標：生産性向上/年】

- ・ 印刷作業 1 回あたりの削減作業時間 40 分×120 隻/月×12 ヶ月=960 時間/年
- ・ 1 回あたりの削減作業時間 5 分×120 隻/月×RTG3 台/隻×12 ヶ月=360 時間/年
- ・ プランニングデータ修正作業 1 回あたりの削減作業時間 90 分×1 ヶ月の作業発生回数 24 回×12 ヶ月=432 時間/年

< Ⅱ－②：削減費用/年 >

以下で目標値を設定しました。

【目標：削減費用/年】

- ・ 生産性向上目標:1,752時間/年（Ⅱ-①より）×単金約2,300円/時=約403万円
- ・ 紙印刷削減費用：（月間インク費用6万円+月間紙費用7万円）×12ヶ月=156万円/年
合計 403万円+156万円=559万円

<Ⅱ-③：品質>

以下で目標値を設定しました。

【目標：品質】

- ・ ヒアリング全項目において前向きな意見を得る

III. トレーラー待機場の混雑状況の可視化

● 検証構成



図 4.3-88 検証構成図

<Ⅲ-1 可視化前のトレーラー台数、滞留時間等のデータを収集>

《①データの抽出》

データの抽出にあたり、全ての入退場車両を捉えるためカメラ4台を以下のように設置しました。



図 4.3-89 トレーラー待機場のカメラ4台の設置位置



図 4.3-90 カメラ設置位置

これらの事前調査としてカメラの画角の調整を行いました。

- 入場ゲートカメラの画角調整

入場ゲートにおいて入場する車両の走行ルートは左折入場ルートと右折入場ルートの2種類があります。そのため左折入場と右折入場それぞれを捉えることができる位置にカメラを1台ずつ設置しました。また右折入場車両は手前の信号待ち車両の有無によって入場ルートが異なるため、どの入場ルートで右折入場した場合もカメラで車両ナンバーを捉えることができる位置にカメラを設置する必要がありました。車両ナンバーの認識可能な撮影幅は4mであるため、1ヶ所のカメラが撮影した4mの幅が、1方向からの入場ルートを全て撮影可能となる位置にカメラを設置しました。



図 4.3-91 左折入場車両の入場ルートと入場カメラ(1)の撮影範囲



図 4.3-92 右折入場車両の入場ルートと入場カメラ(2)の撮影範囲

※信号待ち車両が存在しない場合



図 4.3-93 右折入場車両の入場ルートと入場カメラ(2)の撮影範囲

※信号待ち車両が存在する場合

● 退場ゲートカメラの画角調整

退場ゲートにおいて退場する車両の走行ルートは自身の待機場所によって異なります。トレーラー待機場内では各待機車両は1番から18番のレーンに並び退場するため、レーン中央より北側のレーン(第1レーンから第8レーン)を捉えるカメラと、レーン中央より南側のレーン(第9レーンから第18レーン)を捉えるカメラに分けて設置しました。また入場カメラと同様に車両ナンバーの認識可能な撮影幅は4mであるため、1ヶ所のカメラが撮影した4mの幅が、1方向からの退場ルートを全て撮影可能となる位置にカメラを設置しました。



図 4.3-94 第1~8レーンの退場ルートと退場カメラ(1)の撮影範囲



図 4.3-95 第 9～18 レーンの退場ルートと退場カメラ(2)の撮影範囲

○評価：カメラの認識台数と C10 ゲートの利用台数の比較

上記のように設置された 4 台のカメラにて、各日の車両認識台数を計測し C10 ゲートの利用台数を比較することでこれらのカメラの認識精度を評価します。

《②データの送信》

データの送信は車番認識システムが認識したデータを以下のフォーマットへ格納し JSON データとして送信を行います。またこのデータの送信は車番認識システムが車番を認識したタイミングで行われます。

表 4.3-32 JSON データのフォーマット

データ名	型	説明
carg_desc	String	登録車両の場合の車両情報。 最大 256 文字(改行は 2 文字。CRLF)
carg_kbno	Int32	登録車両の場合の車両区分番号。 0～9999 (0 は区分なし or 未登録の車両)
carg_rf	Int32	登録フラグ。1=登録、0=未登録
ndat_acno	Int32	発報条件番号。0～9999 (0 は発報なし)
ndat_gtno	Int32	ゲート番号。1～9999
ndat_nidx	Int64	データ識別子。1～2 ³² -1。拡張用
ndat_rctm	Datetime	認識日時。yyyy-MM-dd HH:mm:ss.fff 形式
numb_area	String	車番情報 陸運支局名。1～5 文字。認識失敗時「？」
numb_clas	String	車番情報 分類番号。1～3 文字。認識失敗時「？」
numb_kana	String	車番情報 かな文字。1 文字。認識失敗時「？」
numb_seq	String	車番情報 一連番号。4 文字。3 桁以下のナンバーは先頭 0 埋め。認識失敗時「????」(センサモードのみ)
PATB_jf	Int32	事業用フラグ。1=事業用、0=普通
PATB_kf	Int32	軽自動車フラグ。1=軽自動車、0=普通
PATB_sf	Int32	大板フラグ。1=大板、0=中板

```
{
  "carg_desc": "株式会社〇〇〇"
, "carg_kbno": 1
, "carg_rf": 1
, "ndat_acno": 2
, "ndat_gtno": 1
, "ndat_nidx": 182
, "ndat_rctm": "2022-12-25 12:27:08.908"
, "numb_area": "練馬"
, "numb_clas": "331"
, "numb_kana": "と"
, "numb_seq": "0270"
, "patb_jf": 1
, "patb_kf": 0
, "patb_sf": 0
}
```

図 4.3-96 JSON データ例

※本実証においては

"ndat_gtno", "ndat_nidx", "ndat_rctm", "numb_area", "numb_clas", "numb_kana", "numb_seq", "PATB_jf" の 8 種類のデータにのみデータが格納され、それ以外のデータは空欄または「0」が格納されます。

○評価：データ送受信率の確認

データの送受信率をデータ送信件数とデータ受信件数を比較することで評価します。

《③データの収集》

受信した JSON データから各日の入場台数・左折入場台数・右折入場台数・退場台数を集計しました。また、各車両ナンバーの入場時刻・退場時刻をもとに各車両ナンバーの待機時間を導出しました。この待機時間とポータルサイト上に表示する予測待機時間の誤差を検証します。

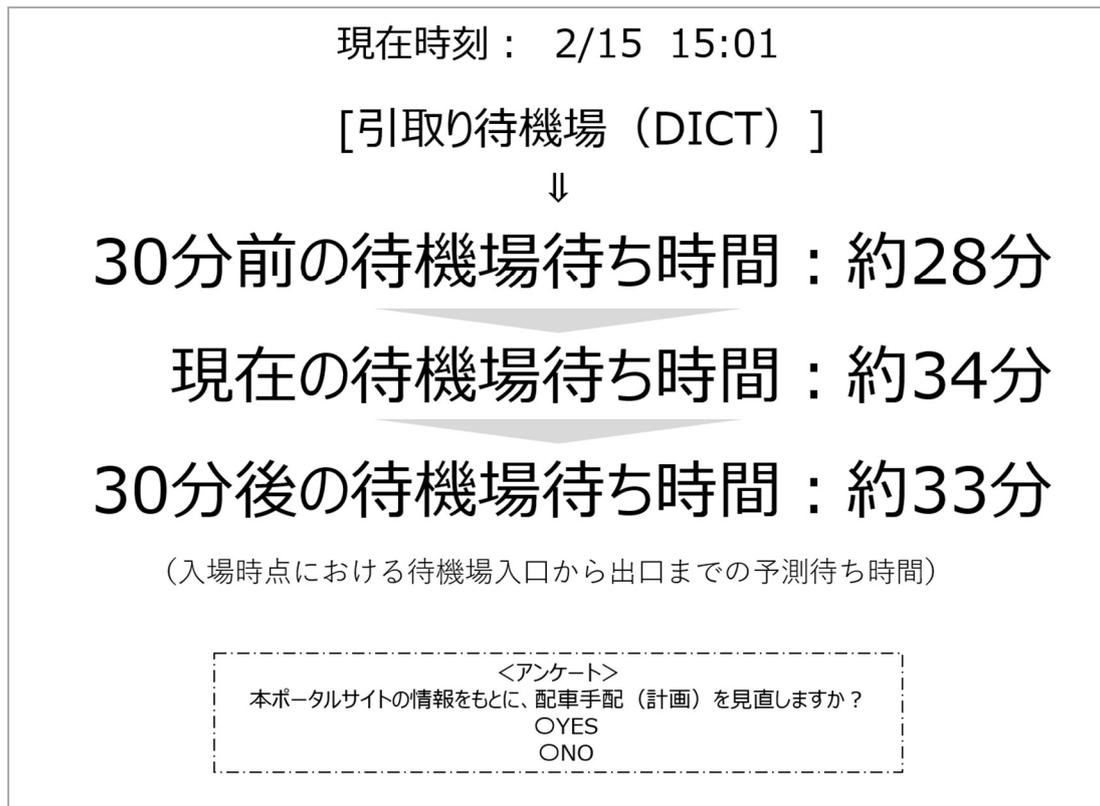


図 4.3-97 ポータルサイトの表示例

■各予測待機時間の導出

C10 ゲートにおける 10 分ごとのトレーラー処理台数が 10 分あたり約 30 台でした。そのため時刻における待機時間は、その時刻における待機台数と C10 ゲートの処理速度 (退場間隔) 1 台 20 秒との積が待機時間となります。これによってポータルサイト上に表示する各項目は以下の式にて導出されます。

● 待機列判断

直近の退場車両 3 台全てが 5 分以上待機している場合のみ待機列が発生していると判断する
1 台でも 5 分未満である場合は待機列が発生していないと判断し、待機台数を 0 台とする

※待機場を待ち合わせ場所等に利用している車両の影響で、実際は待機列が発生していないのにポータルサイトにはあたかも待機列が発生しているかのように表示にされてしまうことを防ぐために適用する。ただし、昼休憩とその前後の時間帯(11:00~13:30)は適用しない。

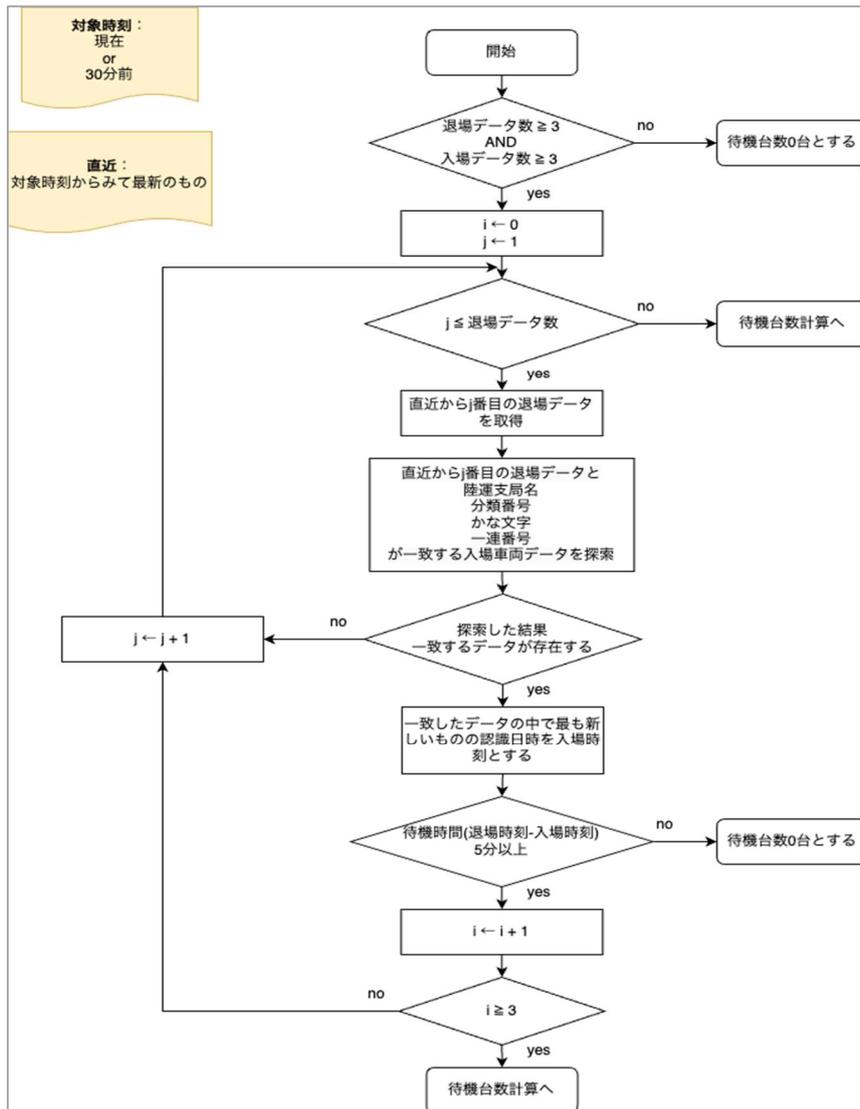


図 4.3-98 ポータルサイト表示内容導出(待機列判断)

- ・ 30 分前の待機場待ち時間の導出式
 - (30 分前の待機場待ち時間) = (30 分前の待機台数) × 20 秒
- ・ 現在の待機場待ち時間の導出式
 - (現在の待機場待ち時間) = (現在の待機台数) × 20 秒
- ・ 30 分後の待機場待ち時間
 - (30 分後の待機場待ち時間) = (30 分後の待機台数) × 20 秒
- ・ 待機台数の導出式
 - ある時刻[a]において、直前に退場した車両を A[a] とする。
 - A[a] の入場時刻を [α] とし、その日の全ての入場時刻レコードのうち [α] より大きい時刻 (後の時刻) を持つレコードの数 X[a] を [a] における台数とする。

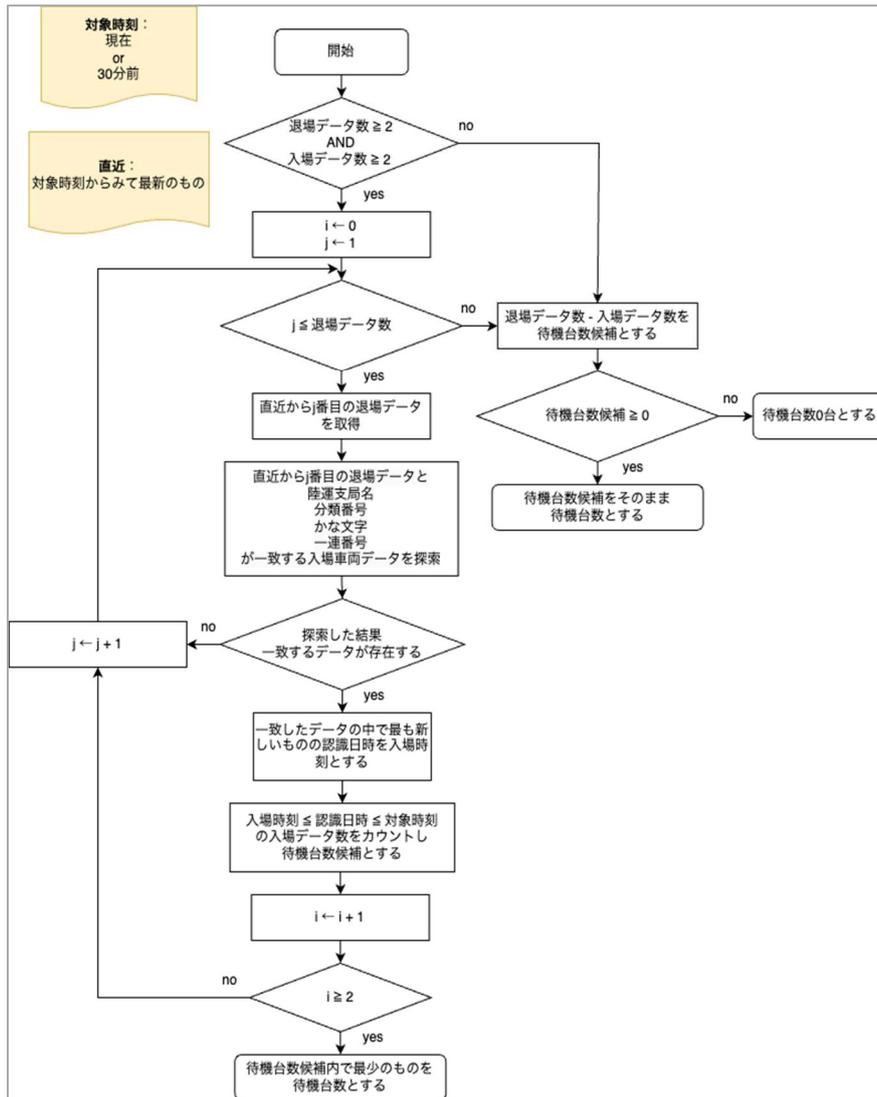


図 4.3-99 ポータルサイト表示内容導出(現在/30分前)

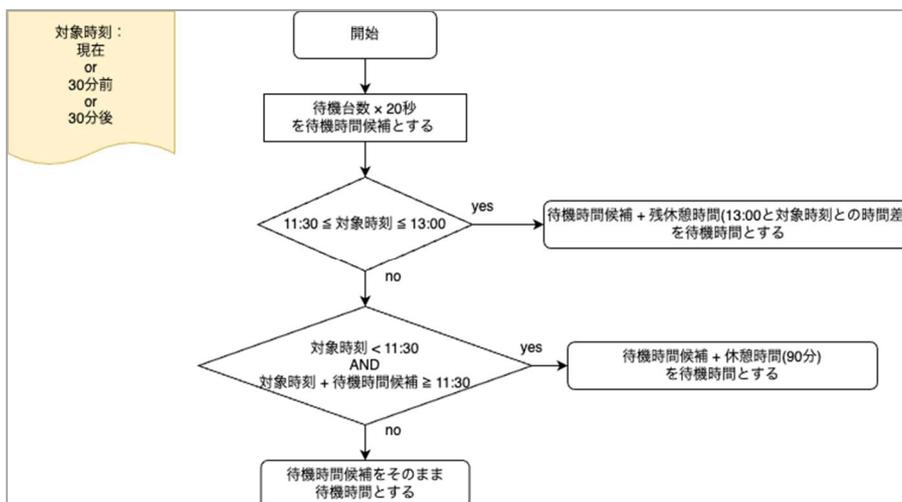


図 4.3-100 待機時間計算の流れ

- ・ 未来時刻における待機台数の導出式
 - $X[30 \text{ 分後}] = X[\text{現在時刻}] + (X[\text{現在時刻}] - X[30 \text{ 分前}])$

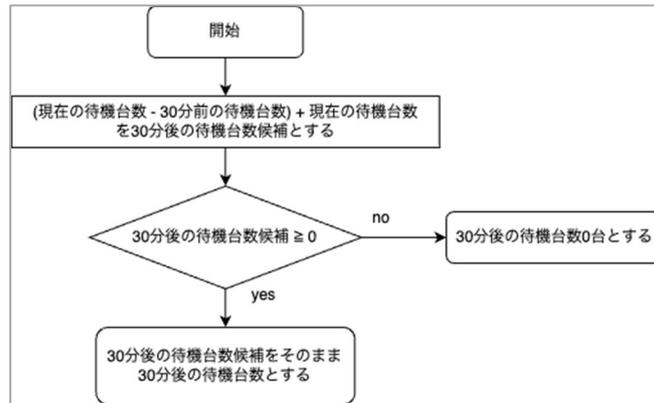


図 4.3-101 30 分後の待機台数計算の流れ

○評価：予測待機時間の精度の確認

各日の入場台数・右折入場台数・左折入場台数・退場台数を上記の導出式にて求めて、実際の待機時間と予測待機時間の誤差平均(全体)・実際の待機時間と予測待機時間の精度を評価します。

<Ⅲ-2：可視化サイトのオープンを関係各所に周知>

実施期間：2023年1月31日～2023年2月4日

実施方法：夢洲エリアを走行するトレーラーの運転手にとその配車担当者の方々に周知を実施しました。周知にあたり大阪府トラック協会様にご協力頂き、トラック協会メンバーに配布しました。

令和 年 月 日

ドライバーの皆様へ

西日本電信電話株式会社
大阪港湾局

港湾・コンテナターミナル業務の DX の実現に向けた
トレーラー待機場の混雑状況可視化ポータルサイト開設のお知らせ

総務省「令和4年度課題解決型ローカル5Gなどの実現に向けた開発実証」に採択された、「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の実現に向けた実証実験」において、夢洲エリアのトレーラー待機場の混雑状況可視化ポータルサイトによる行動変容が実現可能かを検証するため、ドライバー・配車担当者の皆様向けにポータルサイトを開設しております。本実証の有効性の確認のため、是非ともご利用いただけますようお願い申し上げます。

1. 実証期間
2023年2月6日(月)～2023年3月6日(月)
2. 実証内容
周辺道路の渋滞解消に向けて、トレーラー待機場に到着するトレーラーを4台のカメラで常時撮影し、車両情報(ナンバー)を自動で取得することで、渋滞見える化を実施いたします。
3. ポータルサイトの利用方法
(1)以下のQRコードを読み取りアクセスをお願いします。

ドライバー様



(2)右図のようなログイン画面が表示されますので、そのままログインボタンを押すと「現在の待機場待ち時間」等が表示されたサイトへアクセスが出来ます。
※アクセスキーはデフォルトで入力済みですので、入力や削除等せずにそのままログインしてください。

ログイン画面

APIキー(必須)

4. 本件の問い合わせ先
本ポータルサイトに関するご質問等ございましたら、下記連絡先までお願い申し上げます。
西日本電信電話株式会社 関西支店 (dreamisland-l5g@west.ntt.co.jp)

図 4.3-102 ポータルサイト周知文書

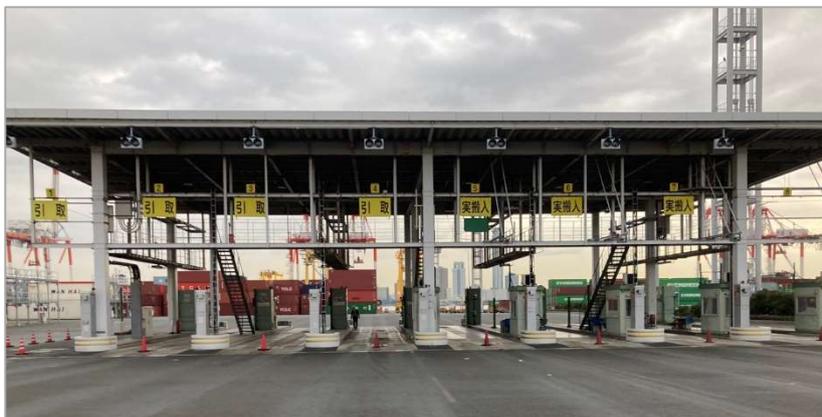


図 4.3-103 ビラを設置した C10 ゲート

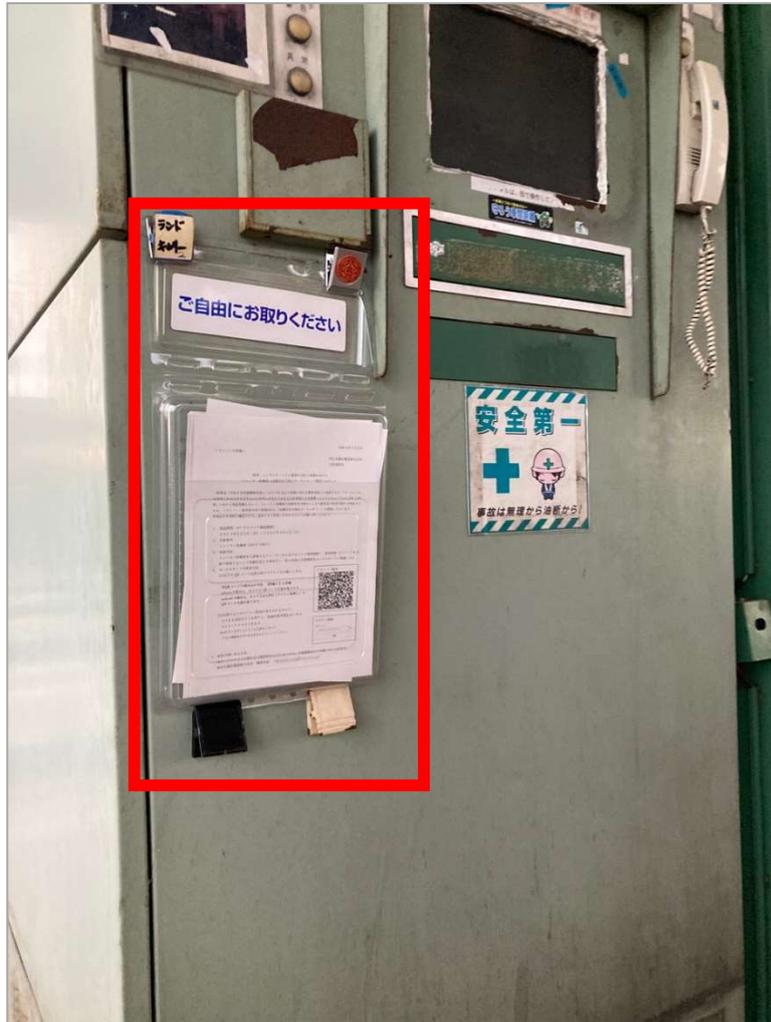


図 4.3-104 C10 ゲート内 配布用周知文書の設置

周知にあたり、より多くの人に利用頂くために QR コードでアクセスを可能とし、夢洲コンテナターミナル株式会社様にご協力頂き図のようにトレーラー待機場を利用されるトレーラーが必ず使用する C10 ゲートに対して DICT 様の許可をもらい、配布用の周知文書 1000 枚を設置しました。

<Ⅲ-3：可視化サイトのオープン後の、トレーラー台数、滞留時間等のデータを収集>

実施期間：2023 年 2 月 6 日～2023 年 3 月 6 日の計 23 営業日（日祝日除く）

実施方法：<Ⅲ-1 可視化前のトレーラー台数、滞留時間等のデータを収集>と同様にデータの抽出、データの送信、データの収集を行います。

○評価：予測待機時間の精度の確認

各日の入場台数・右折入場台数・左折入場台数・退場台数・実際の待機時間と予測待機時間の誤差平均（全体）・実際の待機時間と予測待機時間の誤差平均（営業時間）は以下の通りです。

※3 月 7 日～3 月 13 日にかけて、3 月 6 日までのデータの収集結果を可視化前の同様に図と表

にて記載しその考察を行います。

<Ⅲ-4：サイト閲覧カウンター、アンケートの実施により、行動変容の裏付け調査を実施>

実施期間（アンケート周知）：2023年2月6日～2023年2月17日

実施期間（アンケート実施）：2023年2月20日～2023年3月3日

アンケート対象：配車担当者、ドライバー

周知方法：周知文書の配布

配車担当者に対してFAXでの配布、ドライバーに対して周知文書（1000枚）の配布し、今回のポータルサイトによって利用者がそれくらい混雑回避の行動変容が起きたかをアンケートにて裏付け調査を行います。更にポータルサイトの改善案として、より利用者が求めている情報の確認や今回のポータルサイトの利便性を確認します。

令和5年 月 日

ドライバー・配車担当者の皆さまへ

西日本電信電話株式会社
大阪港湾局

**港湾・コンテナターミナル業務のDXの実現に向けた
実証事業におけるアンケートのお願い**

総務省「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」に採択された、「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の実現に向けた実証実験」において、トレーラー待機場の混雑状況可視化ポータルサイトによる行動変容の実現が可能かを検証するため、ドライバー・配車担当者の皆様アンケートの実施をお願いしております。皆さまの貴重なご意見を参考にさせていただきたく存じます。

1. 実施方法（3分程度の無記名アンケートです）
以下のURLのサイトにアクセスしていただき回答をお願いします。
https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSdCGBNe41HXMSKAQTfqEdu11xozEzF48vTQf3z6wnZc9yom3g/viewform?vc=0&c=0&w=1&flr=0&usp=mail_form_link
QRコードを読み込みアクセスをお願いします。

 ※QRコードの読み込み方法【別紙1】に詳細
iphoneの場合は、カメラでQRコードを読み込みます。
androidの場合は、カメラ又はLINEでQRコードを読み込みます。

2. 実施期間
2023年2月20日(月)～3月3日(金)

3. 本件の問い合わせ先
本アンケートに関するご質問等がございましたら、下記連絡先までお願い申し上げます。
西日本電信電話株式会社 関西支店
(dreamisland-l5g@west.ntt.co.jp)

ご多忙の中、大変恐縮ではございますが、アンケートへご協力頂きますよう、何卒よろしく
お願い申し上げます。

図 4.3-105 アンケート周知文書

ポータルサイト利用者アンケート

混雑状況を表示したポータルサイトについて
有効性を確認するためにアンケートにご回答ください

アカウントを切り替える

*必須

[1] 回答者の年齢 *

29歳以下

30歳～39歳

40歳～49歳

50歳～59歳

60歳以上

[2] 所属役割 *

ドライバー

配車担当者

[14] 設問"[13]"で「その他」を選択した方にお伺いします。
「その他」の具体的な内容を記載してください。

図 4.3-106 Google form でのアンケートページ

● アンケートの項目

Google form でのアンケートの項目は以下の 19 項目になります。

[1] 回答者の年齢

(選択肢：ラジオボタン)

- ・ 29 歳以下
- ・ 30 歳～39 歳
- ・ 40 歳～49 歳
- ・ 50 歳～59 歳
- ・ 60 歳以上

[2] 所属役割

(選択肢：ラジオボタン)

- ・ ドライバー
- ・ 配車担当者

[3] あなたは事前に混雑状況が分かれば、空いている時間に予定を変更しますか

(選択肢：ラジオボタン)

- ・変更する
- ・変更しない
- ・分からない

[4] 当該サイトはどのくらいの頻度で閲覧しましたか

(選択肢：ラジオボタン)

- ③常時
- ②1時間に1回以上
- ③半日に1回
- ④1日に1回
- ⑤数日に1回
- ⑥見ていない

[5] ポータルサイトを利用したタイミングはいつでしたか

(自由記述)

[6] 設問“[4]”で③～⑤を選択した場合、当該サイトをもとに引取り作業の予定を変更したことがありましたか？

(選択肢：ラジオボタン)

- ・変更したことがある
- ・変更していない

[7] 設問“[6]”で「変更したことがある」と回答した方にお伺い致します。

当該サイトを利用した引取り作業のうちどのくらい作業の予定を変更しましたか？

記載例：30回のうち1回

(自由記述)

[8] 設問“[6]”で「変更したことがある」と回答した方にお伺い致します。

どの情報をもとに作業予定を変更しましたか？(複数回答可)

(選択肢：チェックボックス)

- ・30分前の待機場待ち時間
- ・現在の待機場待ち時間
- ・30分後の待機場待ち時間

[9] 設問“[6]”で「変更したことがある」と回答した方にお伺い致します。

概ね何分程度の「待ち時間」の場合に引取り作業の予定を変更しましたか？

(選択肢：ラジオボタン)

- ・～10分
- ・～20分
- ・～30分
- ・～40分
- ・～50分
- ・それ以上

[10] 「現在の待機場待ち時間」の表示は正しいと感じましたか

(選択肢：ラジオボタン)

- ・とてもそう思う
- ・そう思う
- ・あまり思わない
- ・思わない
- ・分からない

[11] 「30分後の待機場待ち時間」の表示は正しいと感じましたか

(選択肢：ラジオボタン)

- ・とてもそう思う
- ・そう思う
- ・あまり思わない
- ・思わない
- ・分からない

[12] 「30分前の待機場待ち時間」「現在の待機場待ち時間」「30分後の待機場待ち時間」のうち最も有用な情報はどれですか

(選択肢：ラジオボタン)

- ・30分前の待機場待ち時間
- ・現在の待機場待ち時間
- ・30分後の待機場待ち時間

[13] 今後もサイトで表示があると良いと思うものはどれですか？(複数選択可)

(選択肢：チェックボックス)

- ・30分前の待機場待ち時間
- ・現在の待機場待ち時間
- ・30分後の待機場待ち時間
- ・その他
- ・サイト自体不要

[14] 設問「13」で「その他」を選択した方にお伺いします。

「その他」の具体的な内容を記載してください。

(自由記述)

[15] 他ターミナルの情報があれば知りたいですか

(選択肢：ラジオボタン)

- ・とてもそう思う
- ・そう思う
- ・あまり思わない
- ・思わない
- ・分からない

[16] 今後も利用したいですか

(選択肢：ラジオボタン)

- ・利用したい
- ・予測精度が向上すれば利用したい
- ・利用しない

[17] 設問"[16]"で「利用したい」「予測精度が向上すれば利用したい」を選択した方にお伺いします。

ポータルサイトが有料でも利用したいですか

(選択肢：ラジオボタン)

- ・とてもそう思う
- ・そう思う
- ・あまり思わない
- ・思わない
- ・分からない

[18] 設問"[17]"で「とてもそう思う」「そう思う」を選択した方にお伺いします。

適切な月額料金はいくらだと思いますか

(自由記述)

[19] ポータルサイトについて、改善点があれば記載をお願い致します。

(自由記述)

○評価項目：アンケート結果による行動変容率の評価

これら 19 項目についてアンケート結果を取りまとめ、行動変容率の裏付け調査を実施するとともにポータルサイトの利便性や実装に向けたヒアリングを実施します。

<Ⅲ-5 可視化前後での差分を分析、評価>

実施期間：2023年2月6日～2023年3月16日

Ⅲ-1～Ⅲ-4にて収集したデータや内容をもとに以下の項目について分析、評価を行います。更に全日程で共通した特徴についても考察を行います。

分析項目は以下の通りです。

- ・ データ可視化
待機時間(寄港データ(仮))のヒストグラム、曜日時間ごとの分布、ヒートマップによる相関関係を分析します。
- ・ データ欠損率
車両ごとに入場、退場データのいずれかが欠損しているデータ数と全データから欠損率を計上、データの欠損が時間、曜日に依存するか可視化します。
- ・ データ傾向分析
可視化したグラフからそれぞれのデータに依存関係があるか確認します。
- ・ 差分分析
ポータルサイト公開前後で待機時間のデータをそれぞれ可視化、アンケート結果(計画

を見直すか否か) と比較します。

- ・ 予測モデル

学習データ (説明変数、目的変数)、テストデータ (性能評価用) についてと、使用したモデルについて検討します。

更にこのモデルでの予測結果をグラフで記載し、予測モデルの性能を評価します。またこれらの結果をもとに、再度モデルを学習するとした場合についても考察を行います。

- ・ ポータルサイト利用状況

アクセス数・アンケートの回答がどのように影響しているかを分析します。

3) 検証結果及び考察

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

- 既存の 5GHz 帯無線アクセスシステム等の更改費用を算出

ローカル 5G と同様の設計条件とするため、夢洲コンテナターミナル全域をエリアカバーし、業務通信が可能なことを前提とした場合の費用を机上算定しました。

【コンテナヤードの設計 (トレーラー・トップリフター・RTG の車載端末通信)】

照明塔 No1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 に基地局を設置 (照明塔全 11 基中 10 基に設置)、1 基地局に対し指向性アンテナを 2~3 台使用 (アンテナ台数計 24 台) し、コンテナヤード内をエリアカバー

【岸壁エリアの設計 (本船荷役端末通信)】

ガントリークレーン全 9 基に基地局を設置、1 基地局に対し 1 アンテナを使用し、エリアカバー

【リーファーコンテナエリアの設計 (REF 端末通信)】

リーファーコンテナエリア全 6 ヶ所に基地局を設置、1 基地局に対し 1 アンテナを使用し、エリアカバー

- ・ 1 基地局 (アンテナを含む) の機器費を 200 万円とした場合、以下になります。

200 万円×25 局=5,000 万円

- ・ 設計・設定費、機器の取外し及び取付工事費及び諸経費を含め、2,000 万円としました。

更改のため、新規配線工事は想定外です

- 5GHz 帯無線アクセスシステム機器費：5,000 万円
- 設計・設定費、工事費、諸経費：2,000 万円
- 計 7,000 万円が更改に必要な費用と算出しました。

- ローカル 5G システムの導入費用を算出

ローカル 5G システム導入費用の算出に際しては、精緻な算出とすることを目的にサービス提供を開始している NTT 西日本グループの「ローカル 5G サービス」による算出としました。

「ローカル 5G サービス」とは、NTT 西日本グループの NTT ビジネスソリューションズから 2022 年 6 月から全国エリアを対象に提供を開始しているサービスになります。ローカル 5G の導入には、導入・運用コストの高さ、構築・運用に専門的に知識が必要であること等が大きな課題になっています。こうした背景を踏まえ、設計から運用・保守までワンストップで低コストなサービスをサブスクリプション型、一括支払型の 2 つの料金プランを用意し提供しています。



(<https://www.nttbizsol.jp/newsrelease/202206301400000621.html>)

図 4.3-107 NTT ビジネスソリューションズ「ローカル 5G サービス」の HP

本実証でのローカル 5G システムの構成は、照明塔全 11 基中、8 基に基地局 11 局を設置し、14 台のアンテナでコンテナターミナル全域をエリアカバーしています。この場合の費用を「ローカル 5G サービス（一括支払型）」で算出しました。

【ローカル 5G サービスの内訳】

- ・ ローカル 5G 機器費：3,500 万円（設計・設定費等を含む）
- ・ 工事費：3,000 万円（新規導入のため、配線工事・機器取付工事を含む）
- ・ 計 6,500 万円が「ローカル 5G サービス」のイニシャル費用（初期費用）となります。
- ・ ランニング費用として、保守費用：320 万円（年間）が必要になります。
- ・ 仮に、7 年間利用した場合の総額は、約 8,700 万円になります。

表 4.3-33 机上算定結果(「ローカル 5G サービス」)

項目	式	構築完了		利用開始							7年間 利用総額
		S年度	S+1年度	S+2年度	S+3年度	S+4年度	S+5年度	S+6年度	S+7年度		
機器費等	1	35,000,000	-	-	-	-	-	-	-	-	-
構築工事費（配線・機器取付け等）	1	30,000,000	-	-	-	-	-	-	-	-	-
運用保守費	1	-	3,200,000	3,200,000	3,200,000	3,200,000	3,200,000	3,200,000	3,200,000	3,200,000	
計		65,000,000	3,200,000	3,200,000	3,200,000	3,200,000	3,200,000	3,200,000	3,200,000	3,200,000	87,400,000

「ローカル 5G サービス」には、ローカル 5G 対応端末は含まれていない(サービス対象外※SIM はサービスに含む)ため、別途算出が必要です。

- ローカル 5G システムを導入したことによる効果額を算出

効果額を算出するにあたり、本実証で取り組んだ課題Ⅱソリューション（プランニングデータの電子化）をもとに算出しました。※詳細は、課題Ⅱソリューション効果検証の項をご参照ください

【課題Ⅱソリューション導入費用】 ※対象は、RTG24 基

- ・ ローカル 5G 受信機（APAL 社 Dongle 想定）：100,000 円/台
- ・ RTG 設置の PC：200,000 円/台
- ・ タッチディスプレイ：50,000 円/台
- ・ 小計 350,000 円×24 台（RTG）=8,400,000 円
- ・ システム改修費を 4,000,000 円としました。
- ・ 合計 12,400,000 円になります。

【スマートグラスを活用したコンテナダメージチェックの遠隔化】 ※昨年度実証

- ・ C10, C11, C12, 本船荷役で使用了した場合、スマートグラスが計 18 台必要
7,200,000 円
- ・ スマートグラスライセンス利用費：2,300,000 円/年

表 4.3-34 導入費用と効果額を反映

	S年	S+1年	S+2年	S+3年	S+4年	S+5年	S+6年	S+7年
導入費	77,400,000	12,700,000	5,500,000	5,500,000	5,500,000	5,500,000	5,500,000	5,500,000
導入効果（課題Ⅱ+スマートグラス）	0	17,300,000	25,800,000	27,200,000	27,200,000	27,200,000	27,200,000	27,200,000
収支（S+1年以降）	-77,400,000	-72,800,000	-52,500,000	-30,800,000	-9,100,000	12,600,000	34,300,000	56,000,000

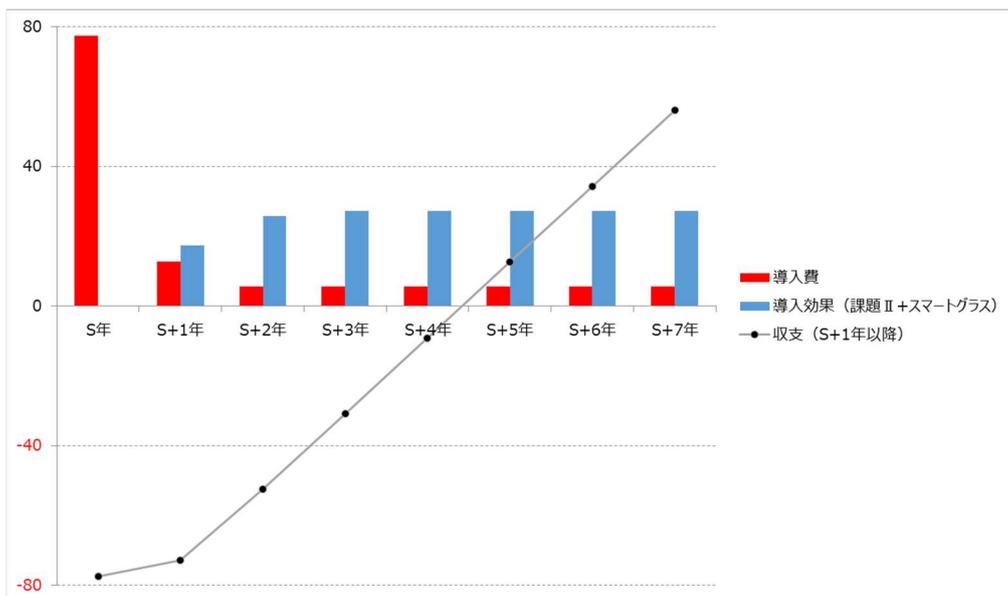


図 4.3-108 収支計画

● 既存の 5GHz 帯無線アクセスシステムとローカル 5G システムの導入時の収支計画を比較

既存の 5GHz 帯無線アクセスシステムでは、従来の業務通信を行うことに留まるため、導入効果を見込んだ収支計画を策定することはできませんが、ローカル 5G では、ソリューションを同時に導入・機能させることで収支計画を描くことが可能になります。2 つのソリューションを導入した場合には、導入開始から約 5 年で導入コストを上回る効果が積み上がります。

II. プランニングデータの電子データ化によるコンテナターミナルの保管工程業務の効率化

II-①～③の評価・検証項目に対する実証結果の概要は以下となります。

表 4.3-35 実証結果・目標達成状況の概要

評価項目	実証目標	実証結果	目標達成	
II-①	生産性向上/年	1,752 時間/年	1,392 時間/年	未達成
II-②	削減費用/年	約 559 万円/年	約 476 万円/年	未達成
II-③	品質	全項目において否定的な意見がないこと	4/5 項目にて否定的な意見あり	未達成

本実証においては、RTG オペレーターの皆様に既存の紙ベースのプランニングデータを用いたプランニング業務と並行運用して頂いていることより、実証の中では紙印刷に係る諸経費を削減するには至っておりません。

ただし、オペレーターの皆様へのヒアリングのもと、RTG 台数 24 台分のプランニングデータ閲覧用タブレットを用意することで紙ベースのプランニングデータが不要となることが確認できており、本実証においてはタブレットを用意した前提での結果としております。

なお、プランニングデータ閲覧用タブレットの用途としては、RTG オペレーター詰所内・コンテナヤード内でのプランニング工程確認を想定している。

II-①～③の評価・検証項目に対する実証結果及び考察の詳細は以下の通りとなります。

< II-① : 生産性向上/年 >

実証結果は以下の通りとなり、1,392時間/年の生産性向上という結果となりました。目標としていた1,752時間/年の生産性向上は、未達成となりました。

しかしながら、未達成の要因となっている部分である、事前工程確認作業の効率化については、プランニングデータ端末の利用方法に起因するものあり、今後の運用習熟により向上が期待できる部分のため、今後は目標達成見込みとなります。

表 4.3-36 プランニングデータ運用稼働時間実証結果

作業フロー	現状（平均）	プランニングデータ電子化（平均）	プランニングデータ電子化目標	目標達成
①プランニングデータ印刷	40分	0分	0分	○
①プランニング電子データ配信	0分	0分	0分	○
②事前工程確認	30分	30分	25分	×
合計	70分	30分	25分	×

表 4.3-37 プランニングデータ修正発生時稼働時間実証結果

作業フロー	現状（平均）	プランニングデータ電子化（平均）	プランニングデータ電子化目標	目標達成
①プランニングデータ印刷	40分	0分	0分	○
①プランニング電子データ配信	0分	0分	0分	○
②RTGへの駆けつけ	50分	0分	0分	○
合計	90分	0分	0分	○

【ローカル 5G を活用した実証結果】

プランニングデータ印刷（プランニング電子データ配信）

- ・ 1回あたりの削減時間：40分（現状 - 実証）
- ・ 1ヶ月あたりのプランニングデータ印刷回数：120回
- ・ 1年あたりのプランニングデータ印刷回数：1440回（120回/月×12ヶ月）

工程確認作業

- ・ 1回あたりの削減時間：0分（現状 - 実証）
- ・ 1ヶ月あたりの工程確認作業回数：360回
- ・ 1年あたりの工程確認作業回数：4,320回（360回/月×12ヶ月）

プランニングデータ修正

- ・ 1回あたりの削減時間：90分（現状 - 実証）
- ・ 1ヶ月あたりのプランニングデータ修正回数：24回
- ・ 1年あたりのプランニングデータ修正回数：288回（24回/月×12ヶ月）

【生産性向上/年】

プランニングデータ印刷（プランニング電子データ配信）

- ・ 約960時間（約40分×約1,440回=約57,600分）

工程確認作業

- ・ 0分（約0分×約4320回=0分）

プランニングデータ修正

- ・ 約432時間（約90分×約288回=約25,920分）

合計：約1,392時間（960時間+0分+432時間）の生産性向上が確認できた

【考察】

目標よりも時間がかかった工程確認作業について、目標に対して5分超過という結果になり、目標未達成となりました。工程確認作業については、プランニングデータ端末の利用方法に起因するものあり、今後の運用習熟により向上が期待できる部分となります。

マニュアル配布、オペレーター要望による機能改善を行いました。実証期間中では期間が短く、習熟に時間がかかり未達成となったと想定します。

この部分は今後の運用の習熟により、向上する部分だと考えており、定期的な勉強会や運用フォローをすることで、達成可能な部分と想定するため、引き続き、継続的な運用フォローを行って参ります。

<Ⅱ-②：削減費用/年>

実証結果は以下の通りとなり、約476万円/年の削減費用という結果となりました。目標としていた約1,060万円/年の削減費用は、未達成となりました。

【ローカル5Gを活用した実証結果】

- ・ 生産性向上/年（Ⅱ-①の実証結果より）：1,392時間
- ・ 従事者の単金：2,300円
- ・ 紙削減費用：（月間インク費用6万円+月間紙費用7万円）×12ヶ月=156万円/年

【削減費用/年】

- ・ 1,392 時間×2,300 円= 約 320 万円/年
- ・ 紙削減費用：(月間インク費用 6 万円+月間紙費用 7 万円) ×12 ヶ月=156 万円/年

合計：約 559 万円 (320 万円+156 万円) の費用削減が確認できた。

【考察】

Ⅱ-①の生産性向上/年の結果 (目標:1,752 時間に対して、実証結果:1,392 時間) に依存するため、目標未達成となりました。

しかしながら、Ⅱ-①でも記載した通り、この部分は今後の運用の習熟により、向上する部分だと考えており、定期的な勉強会や運用フォローをすることで、達成可能な部分と想定します。

機能を十分に使いこなしてもらうために、定期的な機能改善要望のヒアリングを実施し、視覚的・直感的に分かりやすいインターフェースを構築していく必要があると考えます。

<Ⅱ-③：品質>

実証結果は以下の通りとなり、5 項目中 4 項目で否定的な意見ありという結果となりました。目標未達成となりました。

表 4.3-38 ヒアリング結果

No	ヒアリング項目	コメント
1	画面操作性は問題ないか	<ul style="list-style-type: none"> ・紙と比較して見やすくなった ・問題ない
2	機能操作性は問題ないか	<ul style="list-style-type: none"> ・1 ウィンドウ内で複数情報を確認したい ・任意のペイ情報を表示させたい ・コンテナ荷役開始予測時間が表示されて作業効率上がる ・オペレーターとして要望した機能が実装されており使いやすい
3	既存作業への影響はないか	<ul style="list-style-type: none"> ・慣れている紙ベースと比較して、電子データはプランニングデータ RTG 搭乗後の閲覧時間が増加した (オペレーターのうち 3 割程度) ・紙ベースと比較して、電子データはプランニングデータ RTG 搭乗後の閲覧時間を削減できた (オペレーターのうち 7 割程度) (※RTG 上でのプランニングデータ閲覧時間であり、事前確認工程に時間ではない)
4	危険軽減できたか	<ul style="list-style-type: none"> ・プランニングデータ閲覧時間増加により、作業に伴う危険が増加したと感じた ・特に変化なし
5	これからも継続して利用してみたいか	<ul style="list-style-type: none"> ・閲覧時間が伸びるため、紙ベースでのプランニングデータを利用したい ・プランニングデータ電子化プロジェクトは継続してほしい ・機能改善されるのであれば、継続利用したい ・タブレット等により、RTG 上・詰所以外でも利用できるようにしたい

【考察】

複数の項目にて、既存業務で慣れている紙ベースのプランニングデータ確認工程と比較して、電子データのプランニングデータ確認工程時間が伸びることに起因する否定的なコメントがあっ

た。(オペレーターのうち3割程度)

一方で紙ベースのプランニングデータ確認工程と比較して、電子データのプランニングデータ確認工程時間が削減できた(オペレーターのうち7割程度)とのコメントももらっており、オペレーターごとの操作・利用習熟度によるものであり、実証期間が短いことに起因すると考えます。今後、継続的にコンテナプランニングデータを利用頂くことで、改善すると考えます。

また、機能操作性についても否定的なコメントを頂いておりますが、オペレーターの皆様より機能改善要望の収集・機能改善を継続しており、将来的な RTG 全台へのプランニングデータ端末の導入に向けて機能改善を予定しております。

III. トレーラー待機場の混雑状況の可視化

<Ⅲ-1 可視化前のトレーラー台数、滞留時間等のデータを収集>

《①データの抽出》

○評価：車両ナンバー認識率の確認

各日の車両認識台数、及びC10ゲートの利用台数は以下の表の通りです。

表 4.3-39 車両認識台数と C10 ゲート利用台数の比較

日付	車両認識台数 (台)	C10 ゲート利用台数 (台)	認識率
12月16日(金)	1352	1481	91%
12月17日(土)	78	778	15%
12月19日(月)	1299	1479	88%
12月20日(火)	1093	1497	73%
12月21日(水)	1193	1529	78%
12月22日(木)	970	1481	65%
12月23日(金)	1180	1535	77%
12月24日(土)	85	425	20%
12月26日(月)	407	1305	31%
12月27日(火)	271	884	31%
12月28日(水)	105	467	22%
12月29日(木)	47	211	22%
12月30日(金)	5	7	71%
1月3日(火)	4	0	-%
1月4日(水)	0	0	100%
1月5日(木)	1493	1424	105%
1月6日(金)	1158	1533	76%
1月7日(土)	88	442	20%
1月10日(火)	962	1428	67%
1月11日(水)	1085	1587	68%
1月12日(木)	1075	1664	65%
1月13日(金)	970	1521	64%
1月14日(土)	79	519	15%

この結果から車両認識台数と C10 ゲートの利用台数の一致率が平均して約 50%程度しかないことが分かりました。この原因として以下の事象が考えられます。

● 車両の認識精度

車両がトレーラー待機場に入場していたにも関わらず、車番認証システムが車両ナンバーを認識せず、一致率が低下した可能性が考えられます。

● トレーラー待機場を経由せずに C10 ゲートへ向かっているトレーラー

土曜日などの 1 日の車両数が少ない日において、特に顕著に車両の認識率が低下しています。このことからトレーラー待機場の待機台数が 0 台の時などにおいて、トレーラーは待機場に入場せずに直接 C10 ゲートへ向かっている可能性が考えられます。

これらの原因の確認のため、C10 ゲートの利用台数ではなく各ゲートの通過台数と認識台数の比較を行うとともに、トレーラーの走行ルートの調査を行いました。

その結果、土曜日等の比較的空いている曜日や平日の空いている時間において、トレーラーはトレーラー待機場を経由せずにC10 ゲートへ向かっていることが分かりました。このことからC10 ゲートの利用台数と車番認識サーバーの認識台数を比較した結果は、正しく認識率を計算できないことが分かりました。よって入場ゲートや退場ゲートを通る台数と車番認識サーバーの認識台数を比較したデータをもって認識率を計算しました。

ある1時間における入場ゲートを通る車両の台数を数え上げ、また退場ゲートでも同様に数え上げを実施し、これを5回ずつ繰り返し行いました。数え上げた台数と車番認識サーバーの認識台数とを比較した結果、以下のようになりました。

表 4.3-40 入場ゲート通過台数と車両認識台数の比較

入場ゲートの通過台数(台)	車番認証サーバーの認識台数(台)	認識率
22	21	95.5%
20	20	100.0%
136	126	92.6%
257	232	90.3%
51	47	92.2%

表 4.3-41 退場ゲート通過台数と車両認識台数の比較

入場ゲートの通過台数(台)	車番認証サーバーの認識台数(台)	認識率
191	172	90.1%
258	235	91.1%
68	68	100.0%
117	117	100.0%
193	186	96.4%

上記の表より、車番認識サーバーの認識台数の認識精度は入場ゲートにおいては平均 94.1%、退場ゲートにおいては平均 93.7%であることが分かりました。この結果は昨年度の実証における認識精度 (99.8%) と比較して低下しており、その原因としては以下が考えられます。

- カメラの画角への車両の入射角度

昨年度はカメラの画角に対して平行となる角度で車両が通過するようカメラを設置していました。それに対して今年度は車両が右折 (または左折) しながらカメラの画角に侵入し通過するため、ナンバープレートが正面から撮影できなかったことが原因として考えられます。



図 4.3-109 昨年度実証におけるカメラの画角へのトレーラーの入射角度例



図 4.3-110 今年度実証におけるカメラの画角へのトレーラーの入射角度例

- 映像（画像）の撮影範囲

今年度の設置位置は入場ゲートまたは退場ゲートですので、車両は右折（または左折）しながらゲートを通過します。通過時の撮影範囲はトレーラーの走行ルートの中でナンバープレート全体がカメラに映る位置を基準に本実証のカメラの撮影幅（4m）を撮影範囲としています。一方で、入場ゲート手前の道路状況や内輪差・外輪差を考慮したドライバーの動きの癖により、カーブ時の走行ルートが想定以上に変化しナンバープレートがカメラの撮影範囲に収まらなかった、またはカメラの撮影範囲へ真横から侵入しナンバープレートもまた真横から撮影されたことが原因として考えられます。

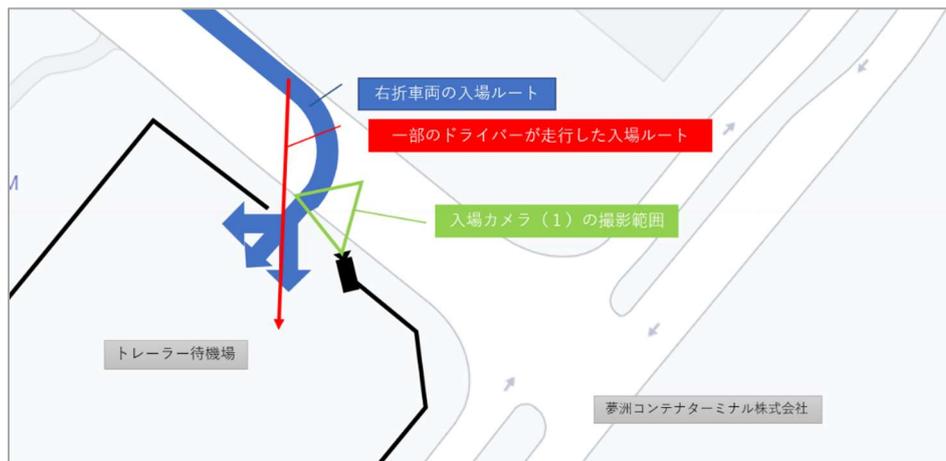


図 4.3-111 ドライバーの癖による走行ルートの変化(入場ゲート)

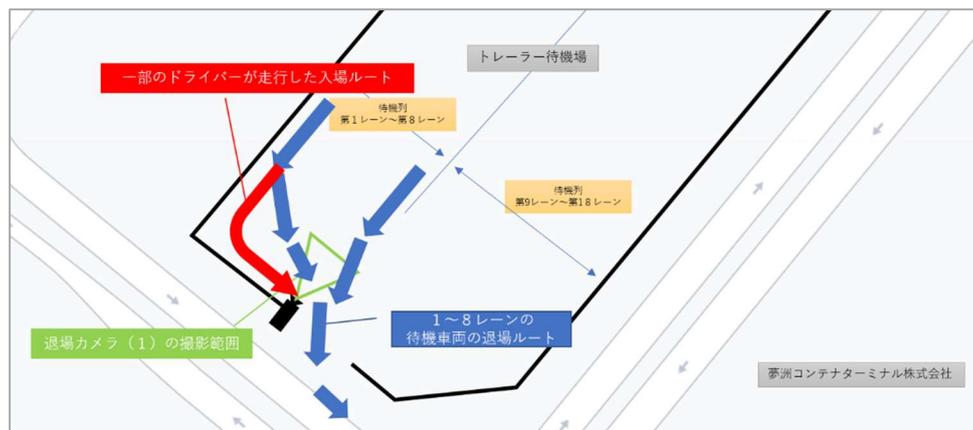


図 4.3-112 ドライバーの癖による走行ルートの変化(退場ゲート)

上記の原因に対する対策としては以下の方法が考えられます。

- カメラの追加

ドライバーの多様な走行ルートをもっと撮影範囲に収めるために現在は入場ゲート・退場ゲートそれぞれに2台ずつカメラを設置しているが、それぞれカメラを1台追加することが考えられます。以下の図のような形でカメラを追加し、現在のカメラの配置では捉えきることができない走行ルートのトレーラーも撮影します。



図 4.3-113 追加カメラの設置イメージ(入場ゲート)

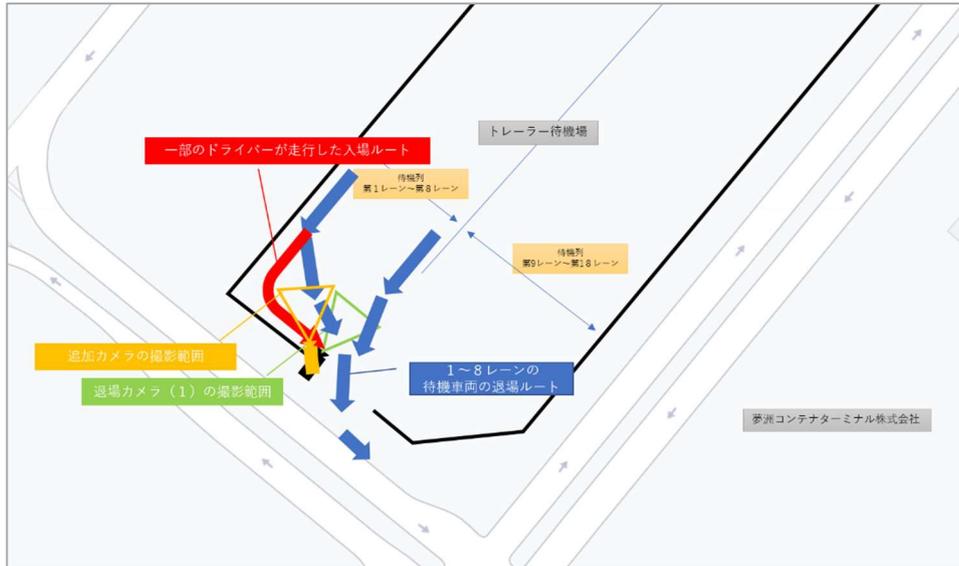


図 4.3-114 追加カメラの設置イメージ(退場ゲート)

《②データの送信》

車番認識システムが認識した台数とデータ分析サーバーが取得した台数を比較すると 1 日あたり数百件の誤差があることが分かりました。この誤差はデータ分析サーバーの取得した”ndat_nidx”が連続した番号でなかったことから、データ分析サーバーへのデータ送信時にデータの欠損が発生していることが判明しました。この対策としてデータ送信プロセスに以下の追加を行いました

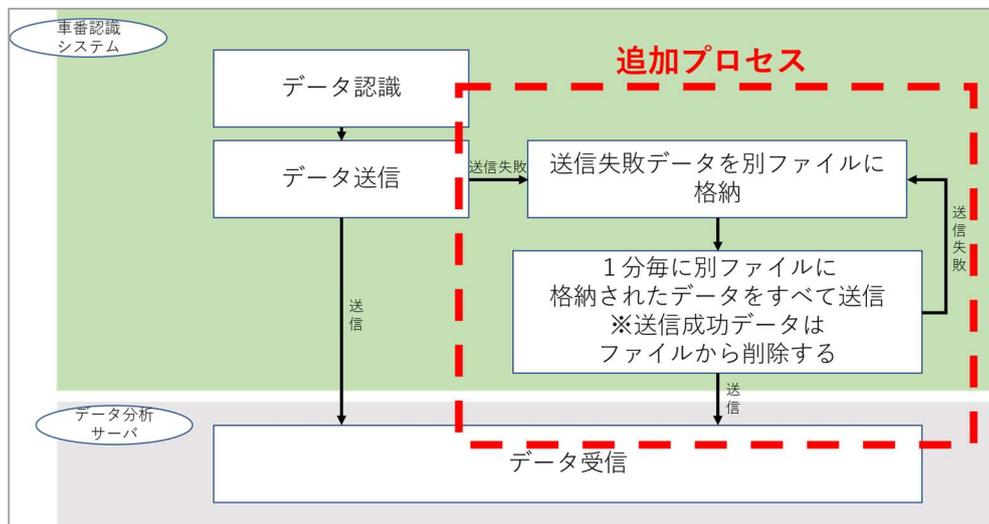


図 4.3-115 追加したデータ再送信プロセス

上図のように、送信ごとに送信失敗データを別ファイルへ格納します。この別ファイルに存在する送信失敗データは全て毎分再送信され、再送信でも送信に失敗したデータはこのファイルから削除されません。そのため、送信に失敗したデータはこのファイルに残り続け、1 分後再度送信を行われます。これにより、1 日をとおしての送信失敗データが発生しない仕組みとしました。

加えて、既にデータの欠損が発生している日のデータについても同様の仕組みで再送信を行い、データの欠損が発生しない取り組みを行いました。

このようにデータの欠損がない状態でのデータ送受信率は以下の表の通りです。

表 4.3-42 対策後のデータ欠損率

日付	データ送信件数 (件)	データ受信件数 (件)	欠損率
12月16日(金)	1352	1352	0%
12月17日(土)	78	78	0%
12月19日(月)	1299	1299	0%
12月20日(火)	1093	1093	0%
12月21日(水)	1193	1193	0%
12月22日(木)	970	970	0%
12月23日(金)	1180	1180	0%
12月24日(土)	85	85	0%
12月26日(月)	407	407	0%
12月27日(火)	271	271	0%
12月28日(水)	105	105	0%
12月29日(木)	47	47	0%
12月30日(金)	5	5	0%
1月3日(火)	4	4	0%
1月4日(水)	0	0	0%
1月5日(木)	1493	1493	0%
1月6日(金)	1158	1158	0%
1月7日(土)	88	88	0%
1月10日(火)	962	962	0%
1月11日(水)	1085	1085	0%
1月12日(木)	1075	1075	0%
1月13日(金)	970	970	0%
1月14日(土)	79	79	0%

この結果、データの送受信においてデータの欠損がないことを確認しました。

《③データの収集》

各日の入場台数・右折入場台数・左折入場台数・退場台数を上記の導出式にて求めました。

結果は以下のようになりました。また30分前の待機場待ち時間については導出式が現在の待機場待ち時間と同様であるため、以下の表では現在の待機場待ち時間と30分後の待機場待ち時間に

ついて結果を記載しました。

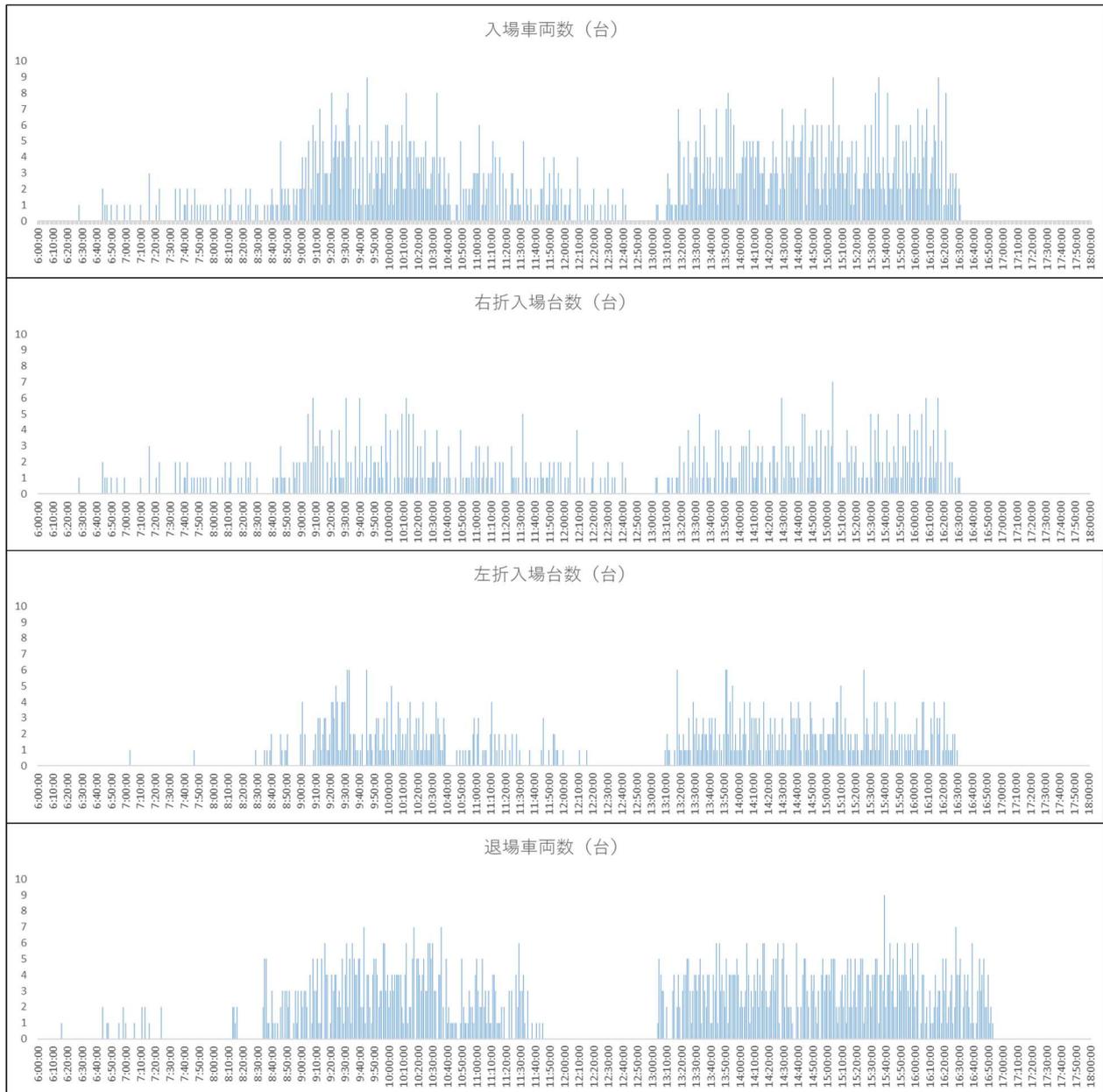


図 4.3-116 12月16日の入退場台数

表 4.3-43 12月16日の入退場台数

種別	台数 (台)
入場台数	1255
右折入場台数	622
左折入場台数	633
退場台数	1240

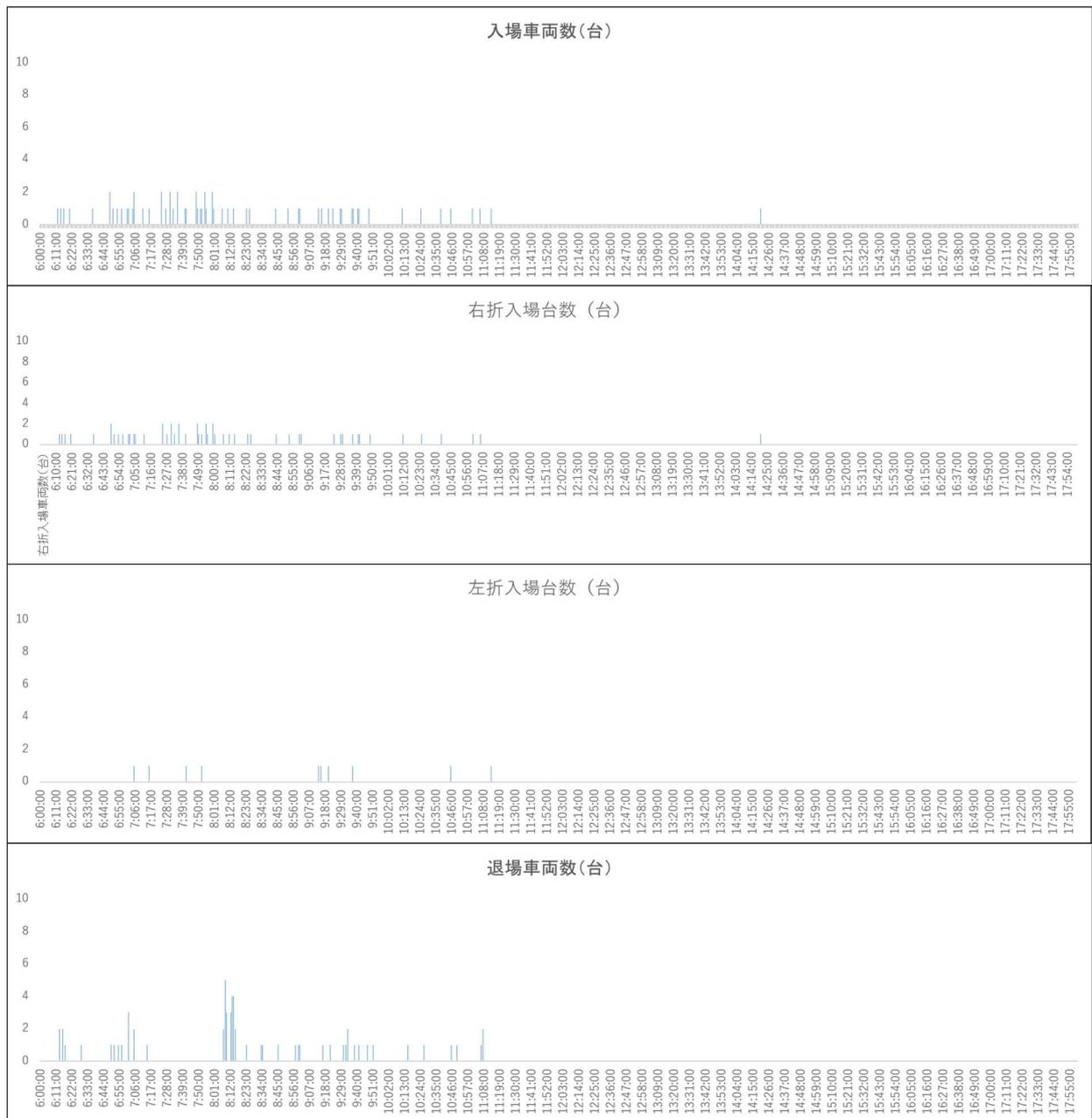


図 4.3-117 12月17日の入退場台数

表 4.3-44 12月17日の入退場台数

種別	台数 (台)
入場台数	66
右折入場台数	56
左折入場台数	10
退場台数	63

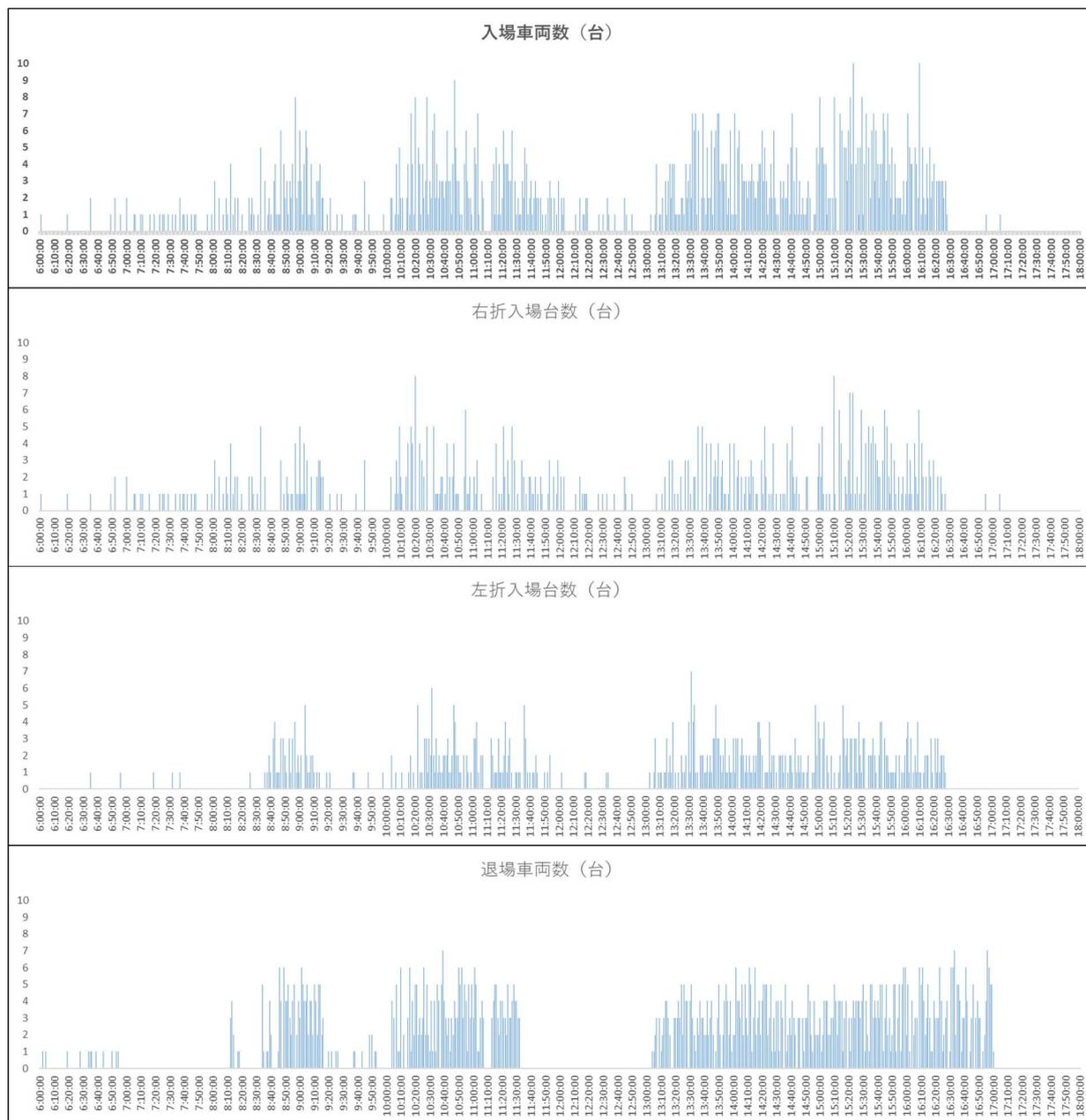


図 4.3-118 12月19日の入退場台数

表 4.3-45 12月19日の入退場台数

種別	台数 (台)
入場台数	1152
右折入場台数	592
左折入場台数	560
退場台数	1157

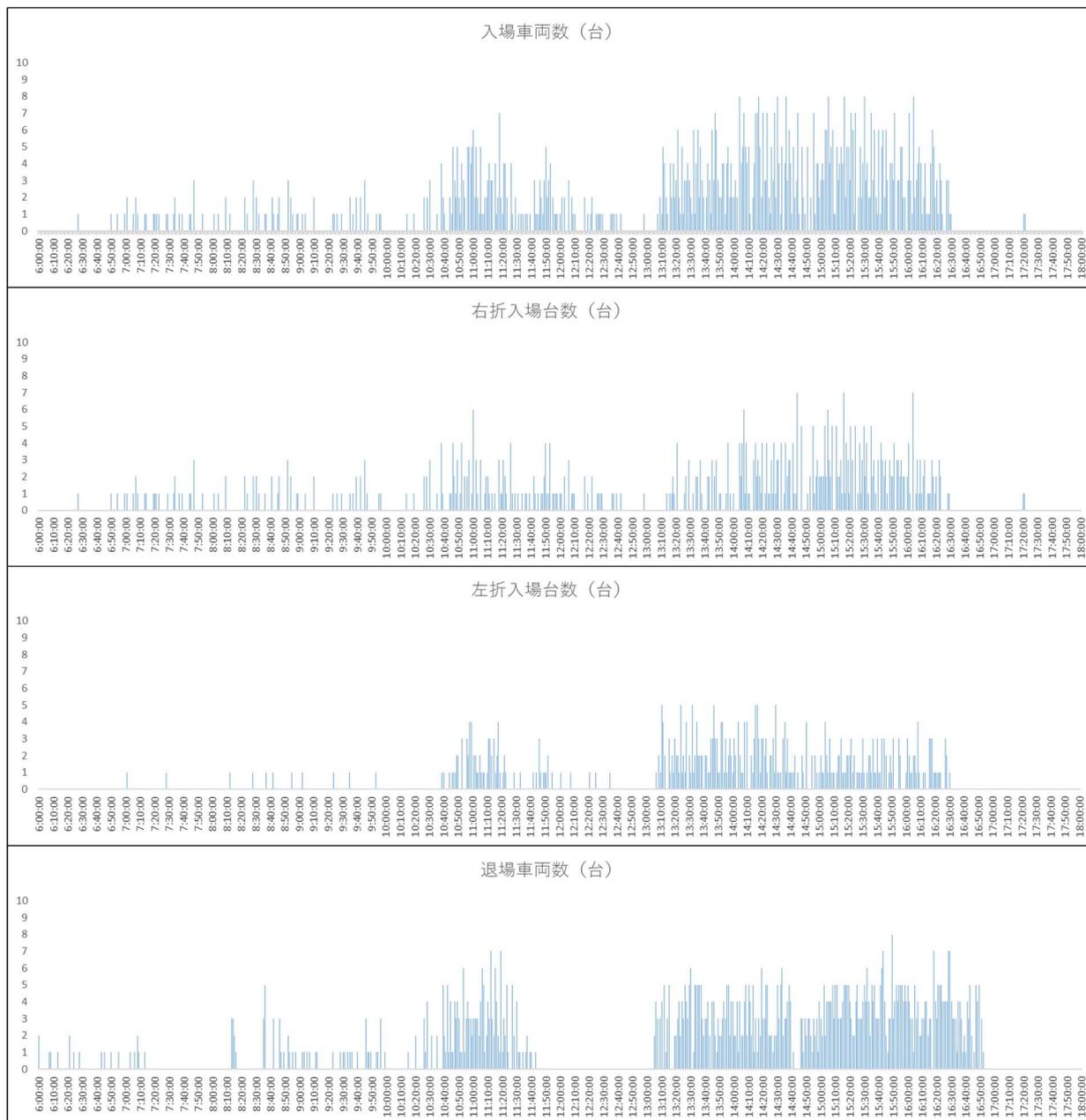


図 4.3-119 12月20日の入退場台数

表 4.3-46 12月20日の入退場台数

種別	台数 (台)
入場台数	981
右折入場台数	553
左折入場台数	428
退場台数	991



図 4.3-120 12月21日の入退場台数

表 4.3-47 12月21日の入退場台数

種別	台数 (台)
入場台数	1111
右折入場台数	590
左折入場台数	521
退場台数	1088

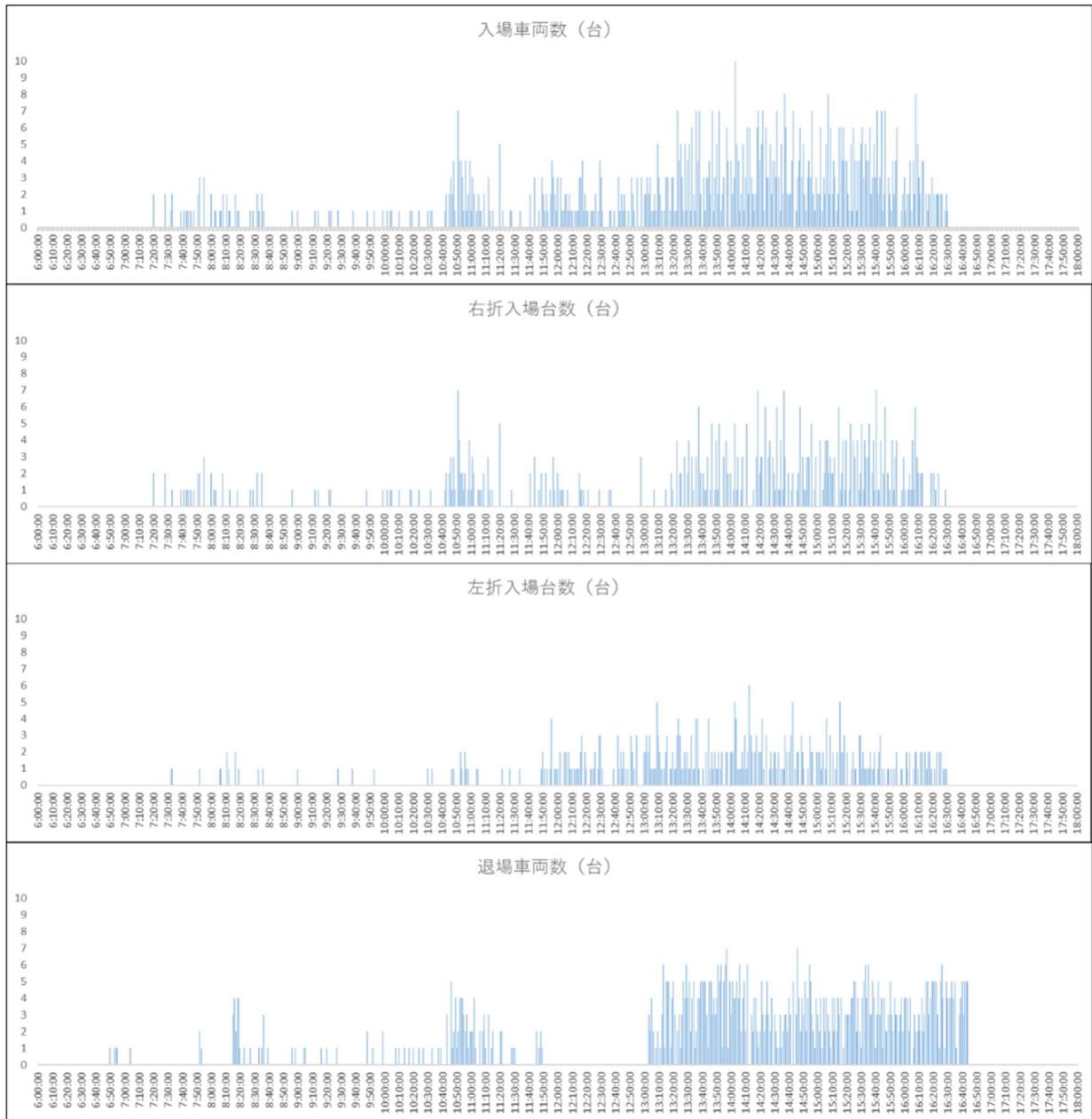


図 4.3-121 12月22日の入退場台数

表 4.3-48 12月22日の入退場台数

種別	台数 (台)
入場台数	903
右折入場台数	492
左折入場台数	411
退場台数	861

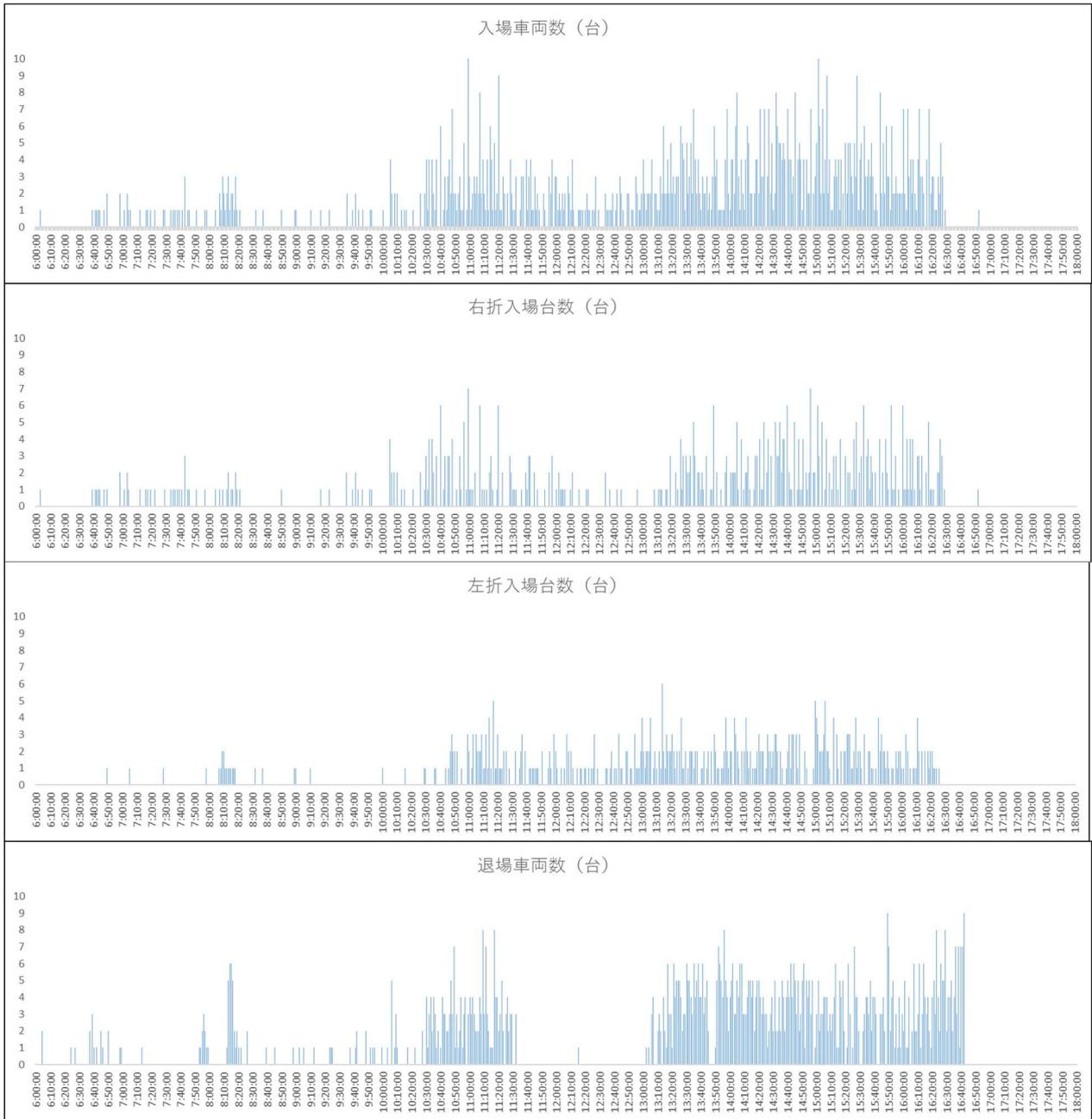


図 4.3-122 12月23日の入退場台数

表 4.3-49 12月23日の入退場台数

種別	台数 (台)
入場台数	1040
右折入場台数	548
左折入場台数	492
退場台数	1044

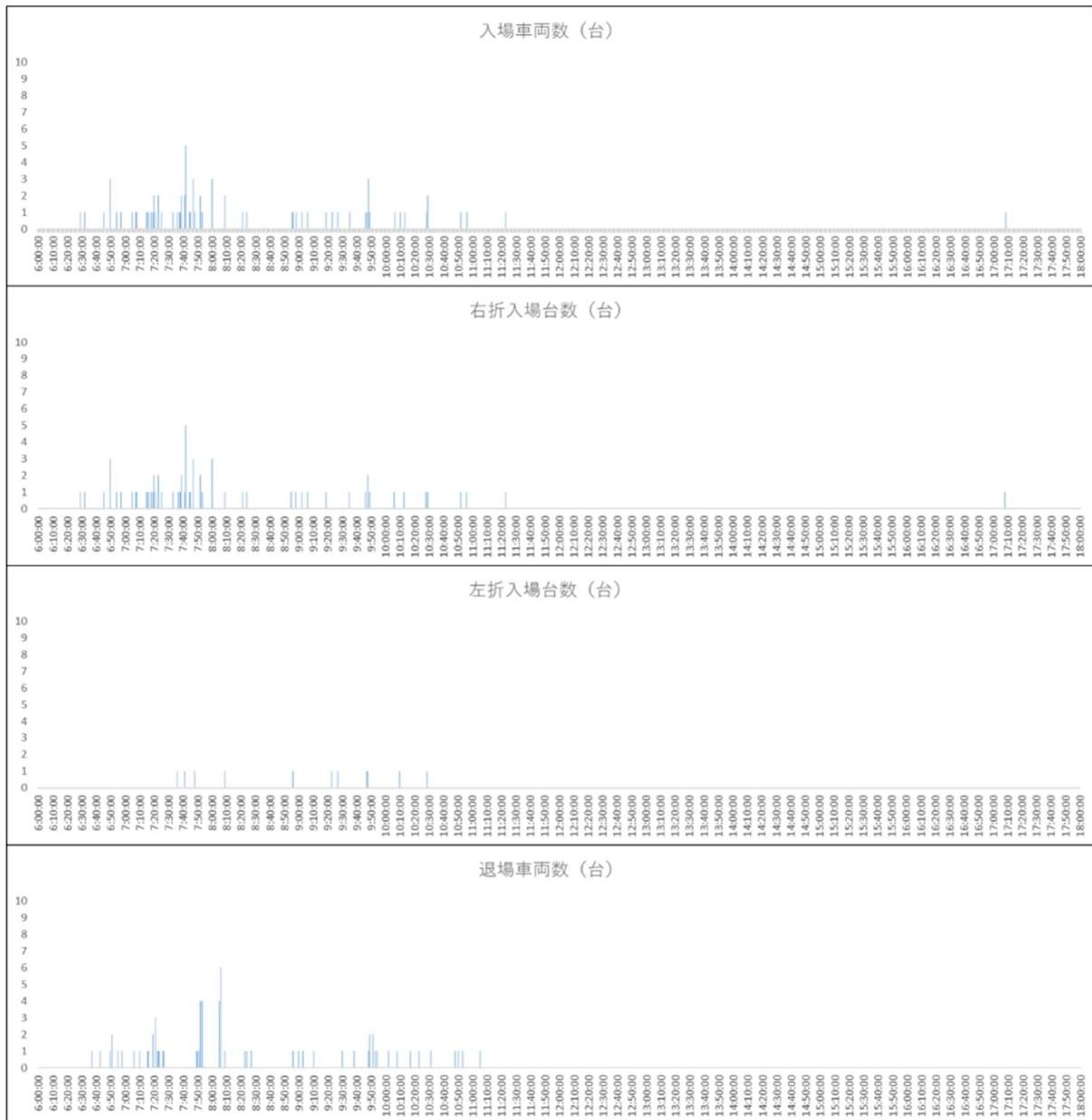


図 4.3-123 12月24日の入退場台数

表 4.3-50 12月24日の入退場台数

種別	台数 (台)
入場台数	75
右折入場台数	64
左折入場台数	11
退場台数	68

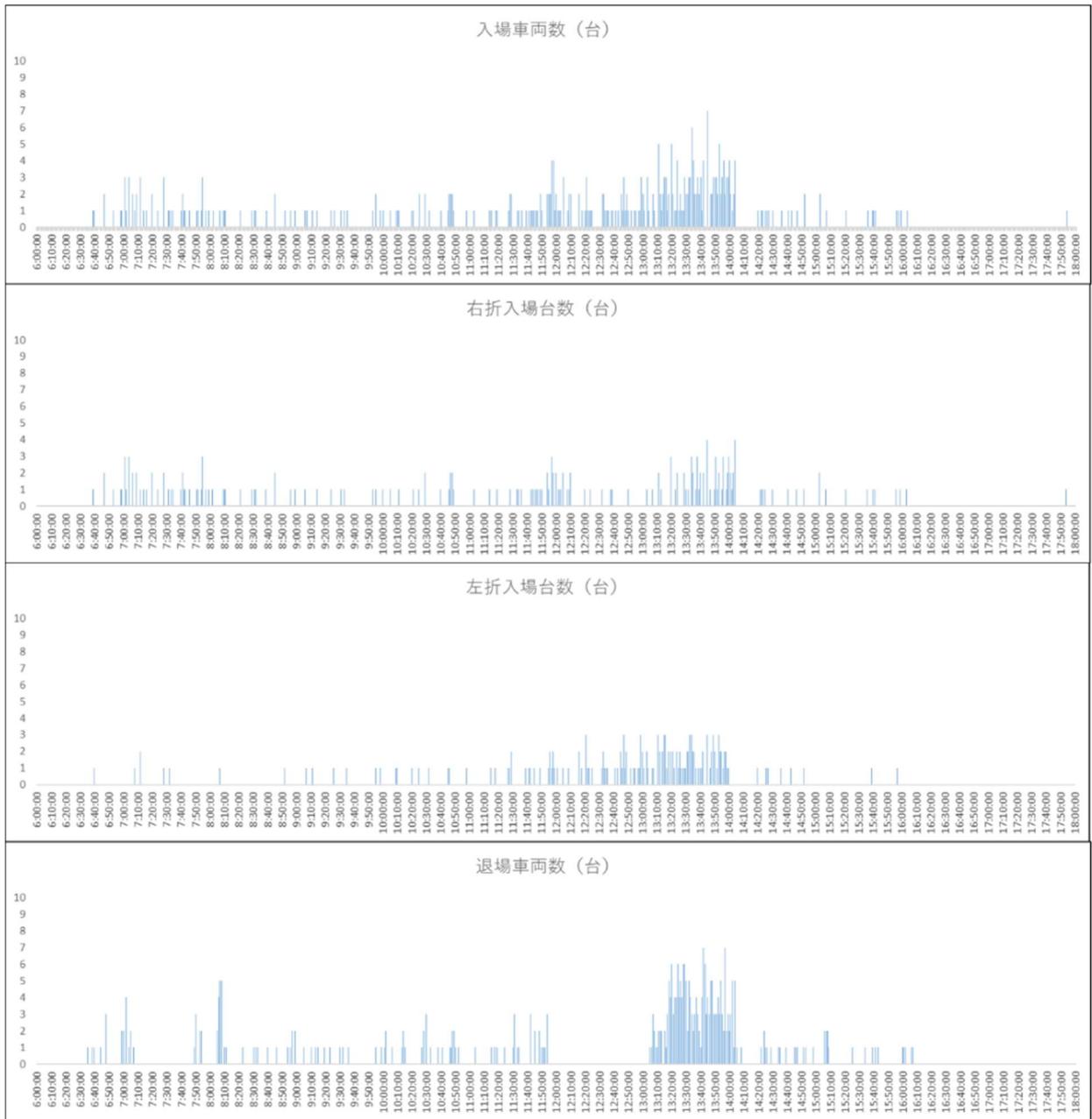


図 4.3-124 12月26日の入退場台数

表 4.3-51 12月26日の入退場台数

種別	台数 (台)
入場台数	360
右折入場台数	191
左折入場台数	169
退場台数	354

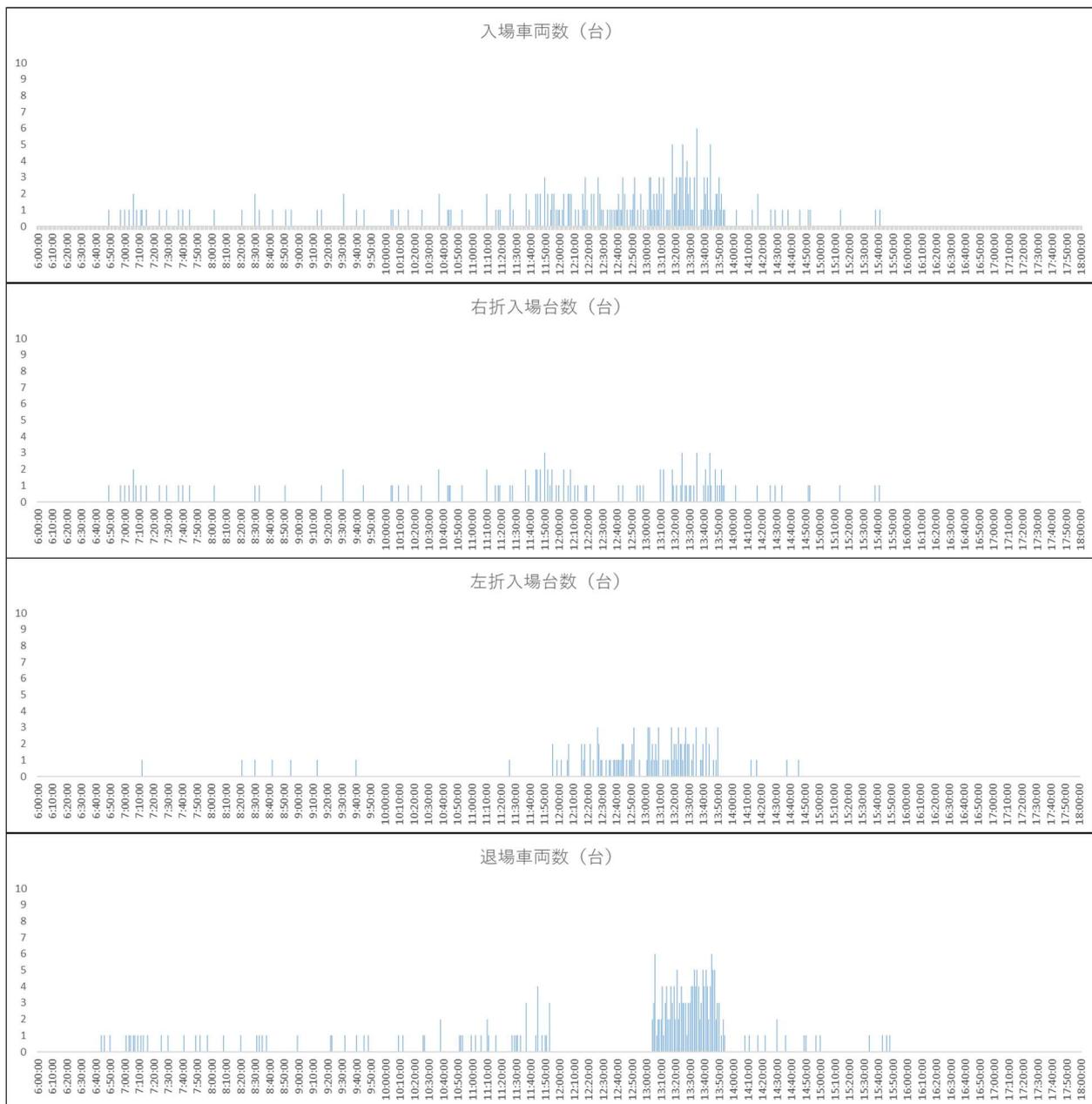


図 4.3-125 12月27日の入退場台数

表 4.3-52 12月27日の入退場台数

種別	台数 (台)
入場台数	243
右折入場台数	120
左折入場台数	123
退場台数	241

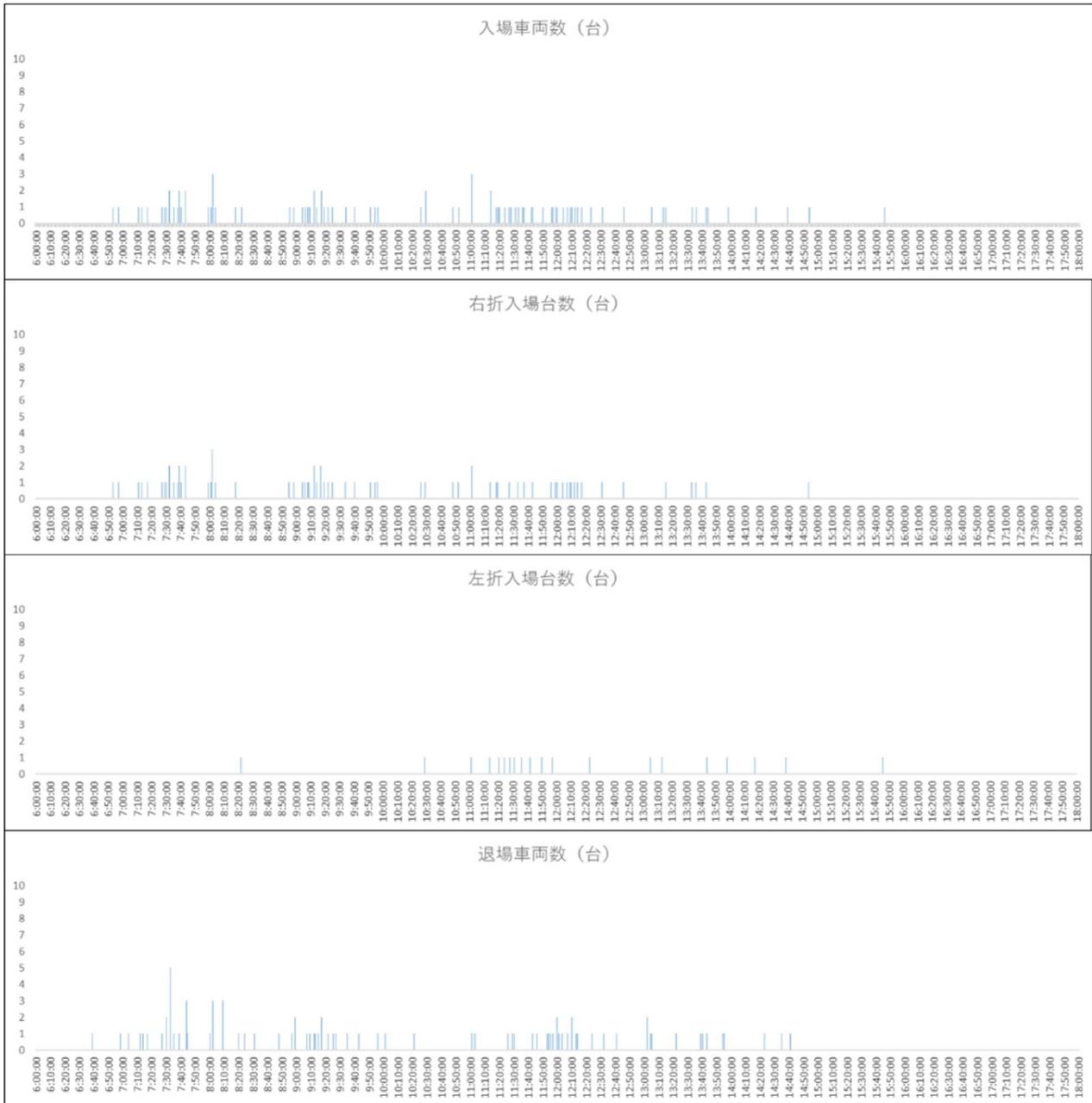


図 4.3-126 12月28日の入退場台数

表 4.3-53 12月28日の入退場台数

種別	台数 (台)
入場台数	93
右折入場台数	73
左折入場台数	20
退場台数	85

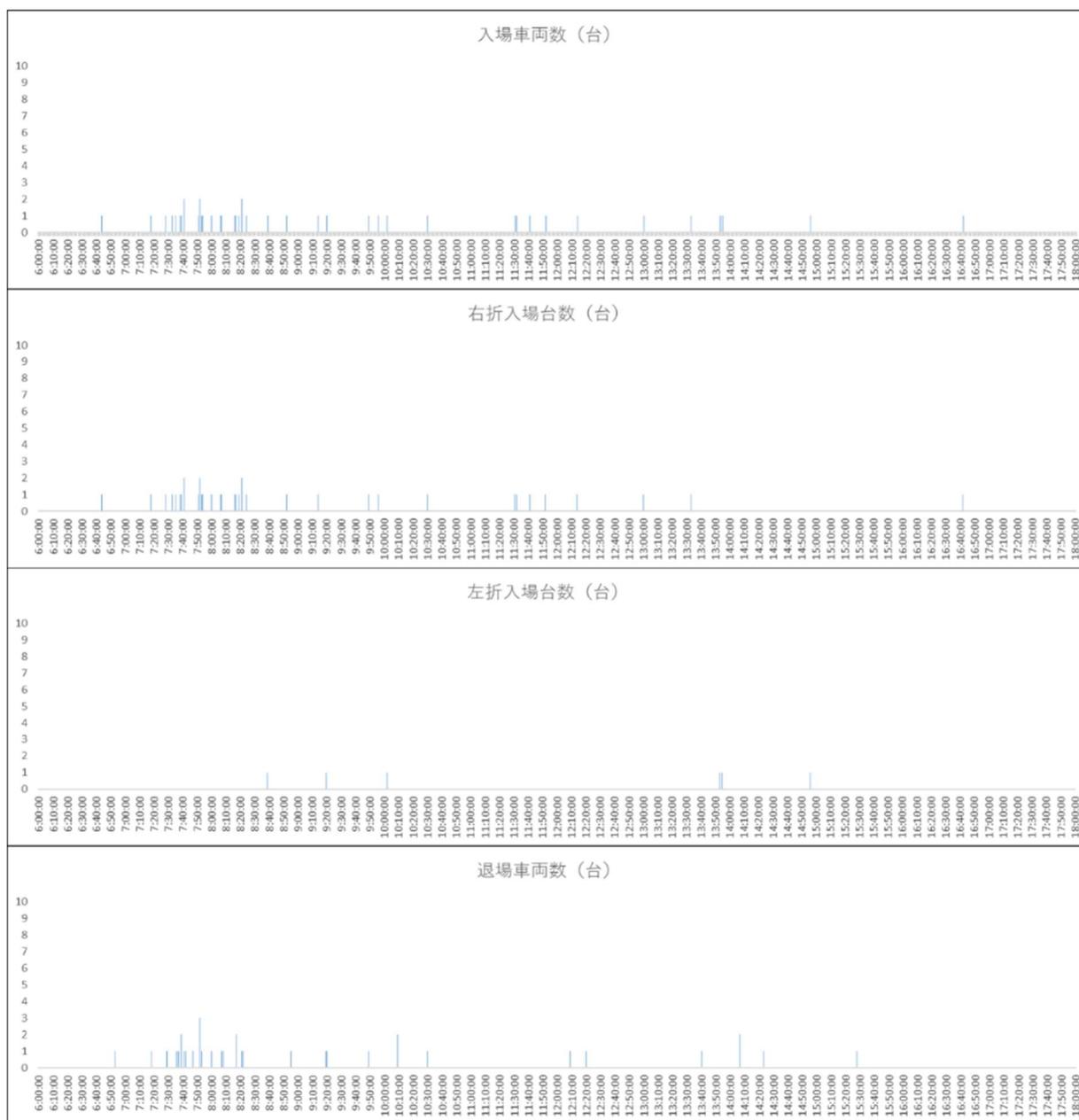


図 4.3-127 12月29日の入退場台数

表 4.3-54 12月29日の入退場台数

種別	台数 (台)
入場台数	42
右折入場台数	36
左折入場台数	6
退場台数	35

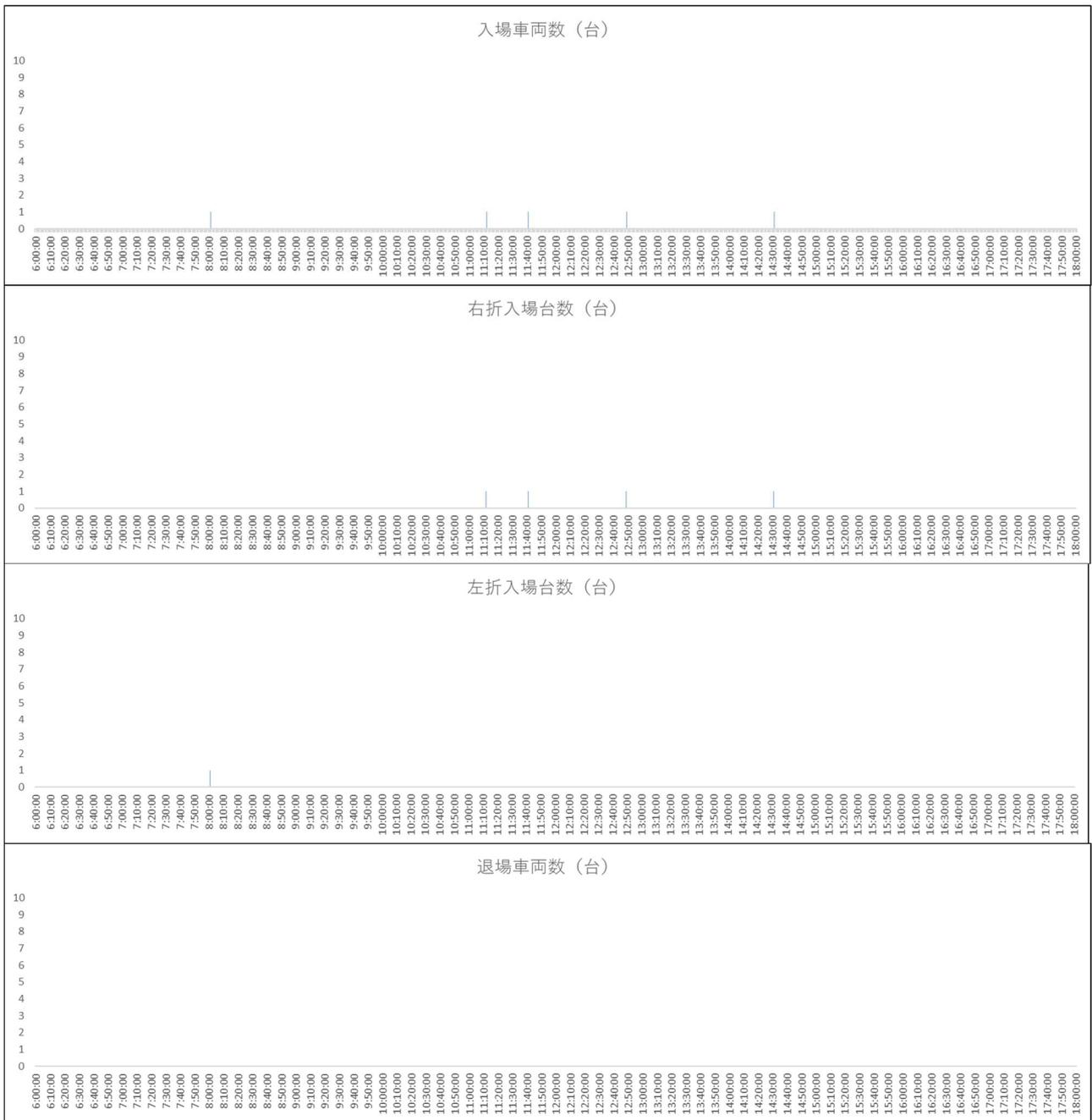


図 4.3-128 12月30日の入退場台数

表 4.3-55 12月30日の入退場台数

種別	台数 (台)
入場台数	5
右折入場台数	4
左折入場台数	1
退場台数	0

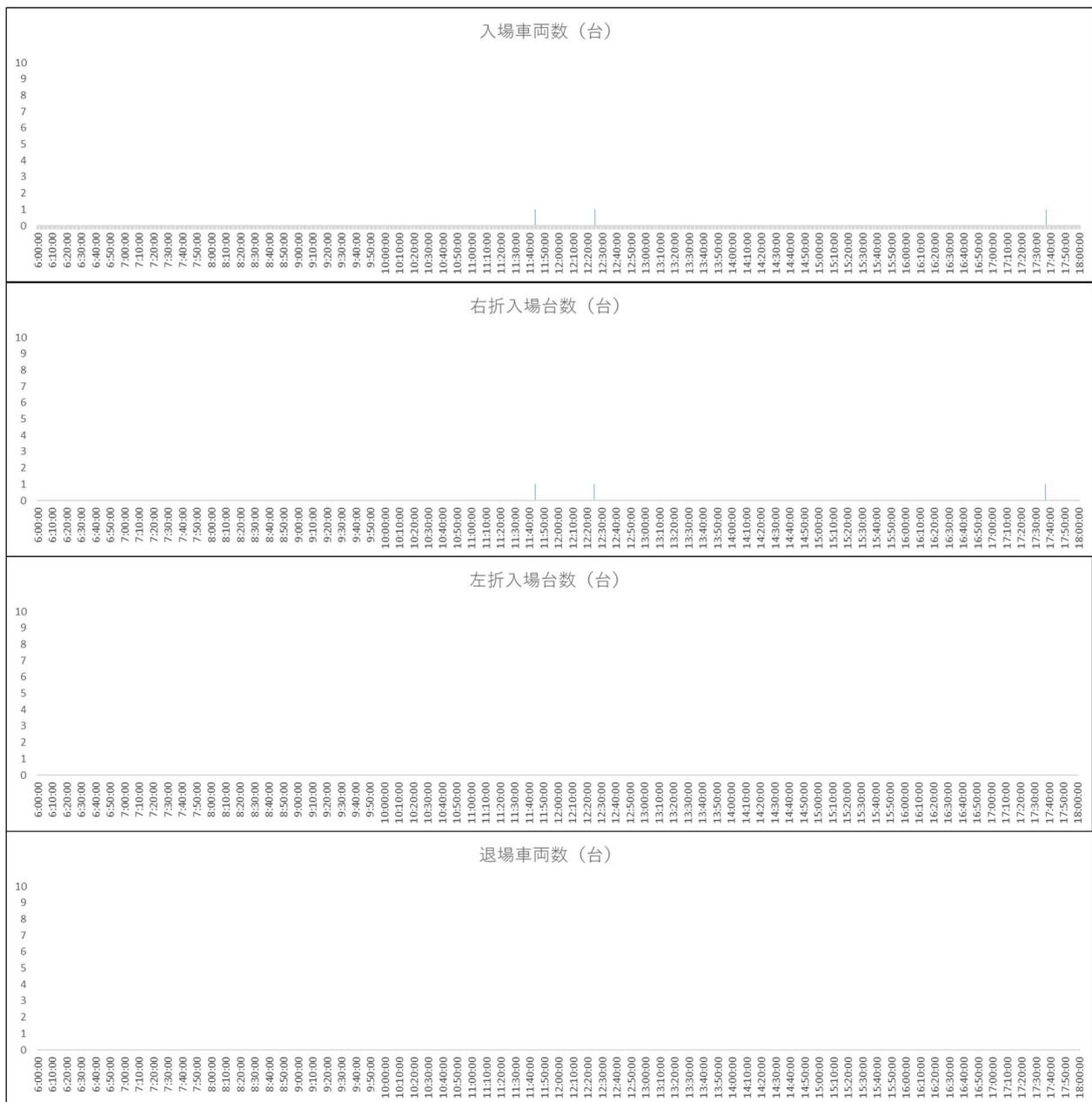


図 4.3-129 1月3日の入退場台数

表 4.3-56 1月3日の入退場台数

種別	台数 (台)
入場台数	3
右折入場台数	3
左折入場台数	0
退場台数	0

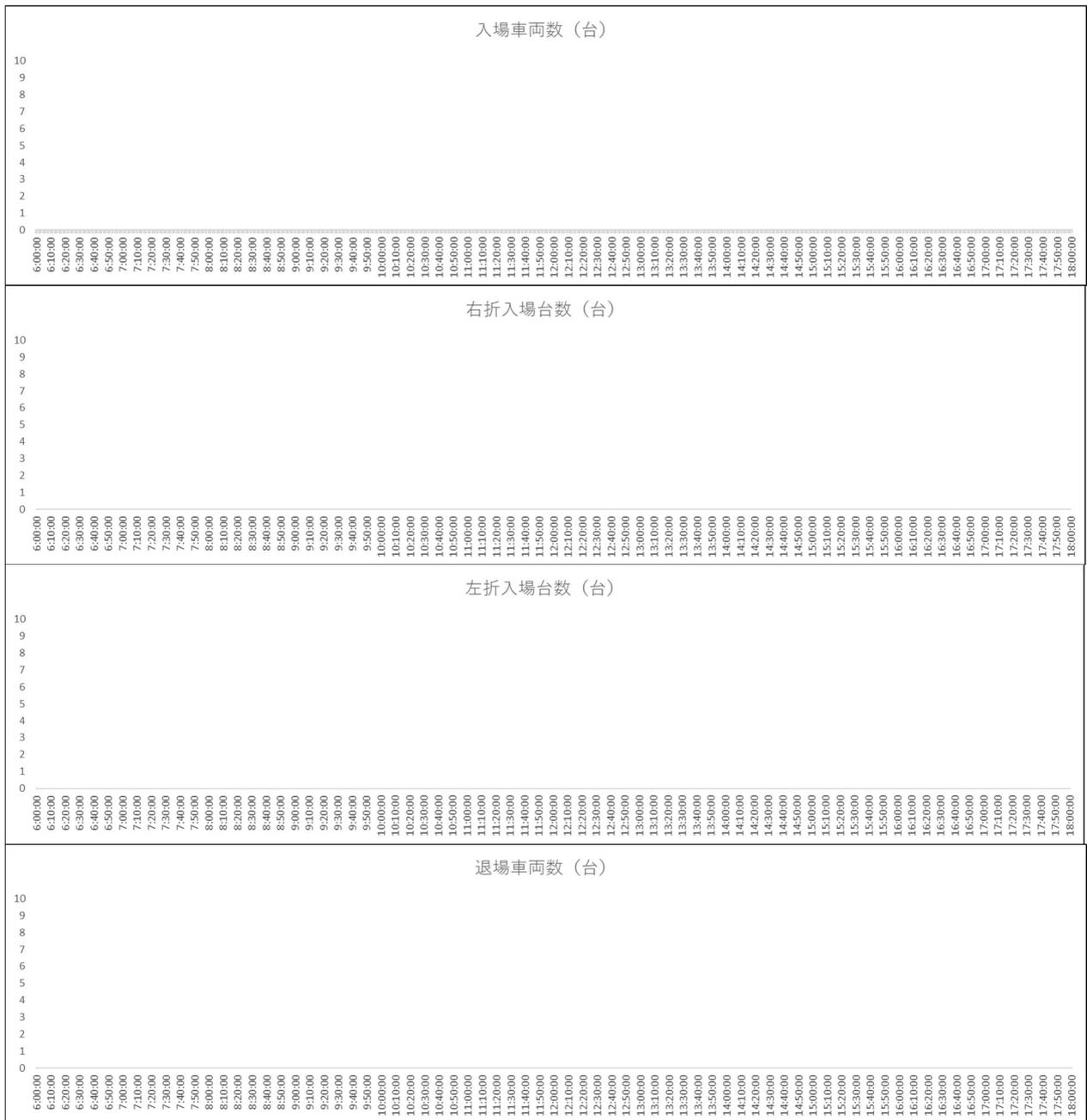


図 4.3-130 1月4日の入退場台数

表 4.3-57 1月4日の入退場台数

種別	台数 (台)
入場台数	0
右折入場台数	0
左折入場台数	0
退場台数	0

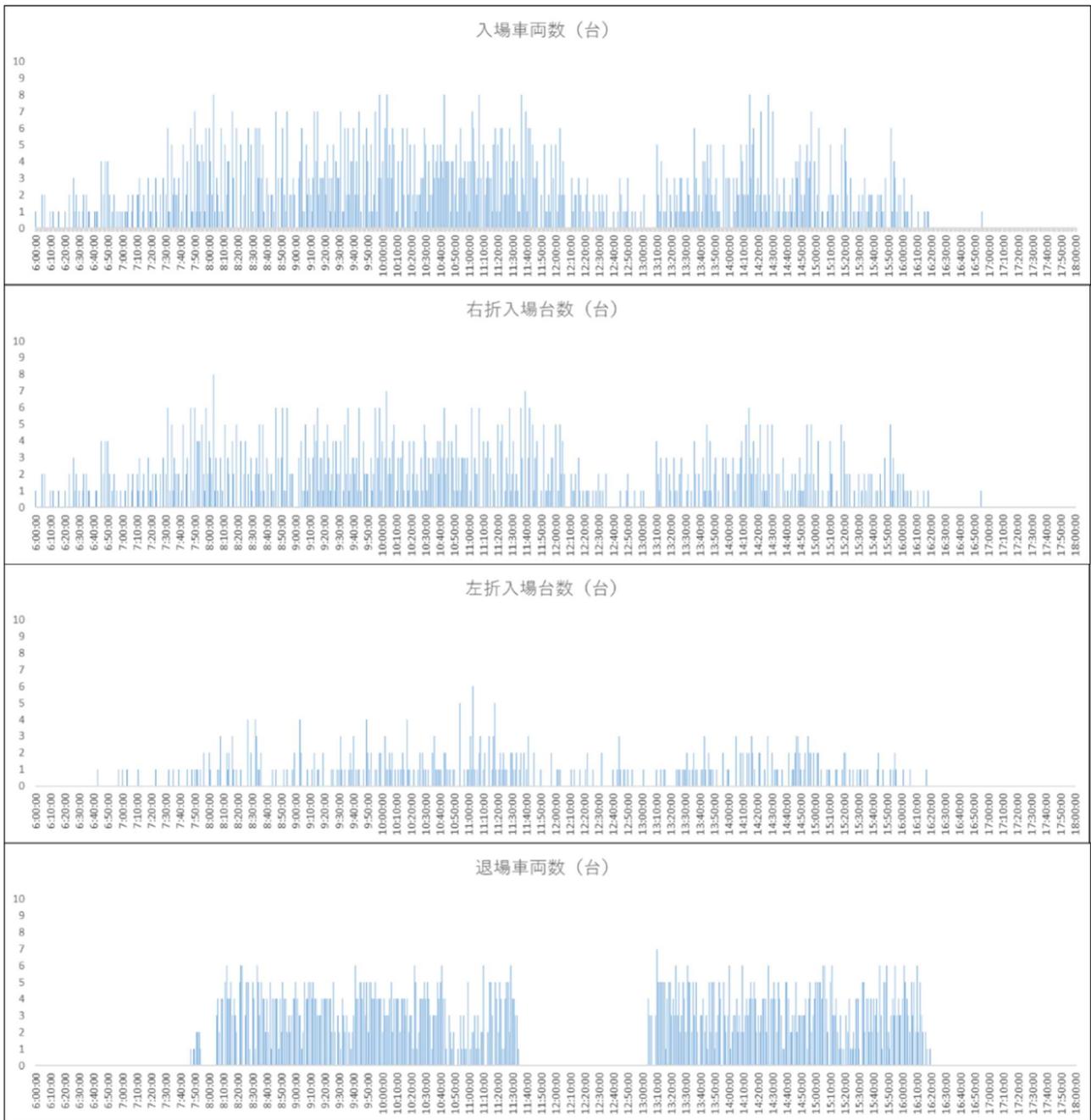


図 4.3-131 1月5日の入退場台数

表 4.3-58 1月5日の入退場台数

種別	台数 (台)
入場台数	1372
右折入場台数	994
左折入場台数	378
退場台数	1335

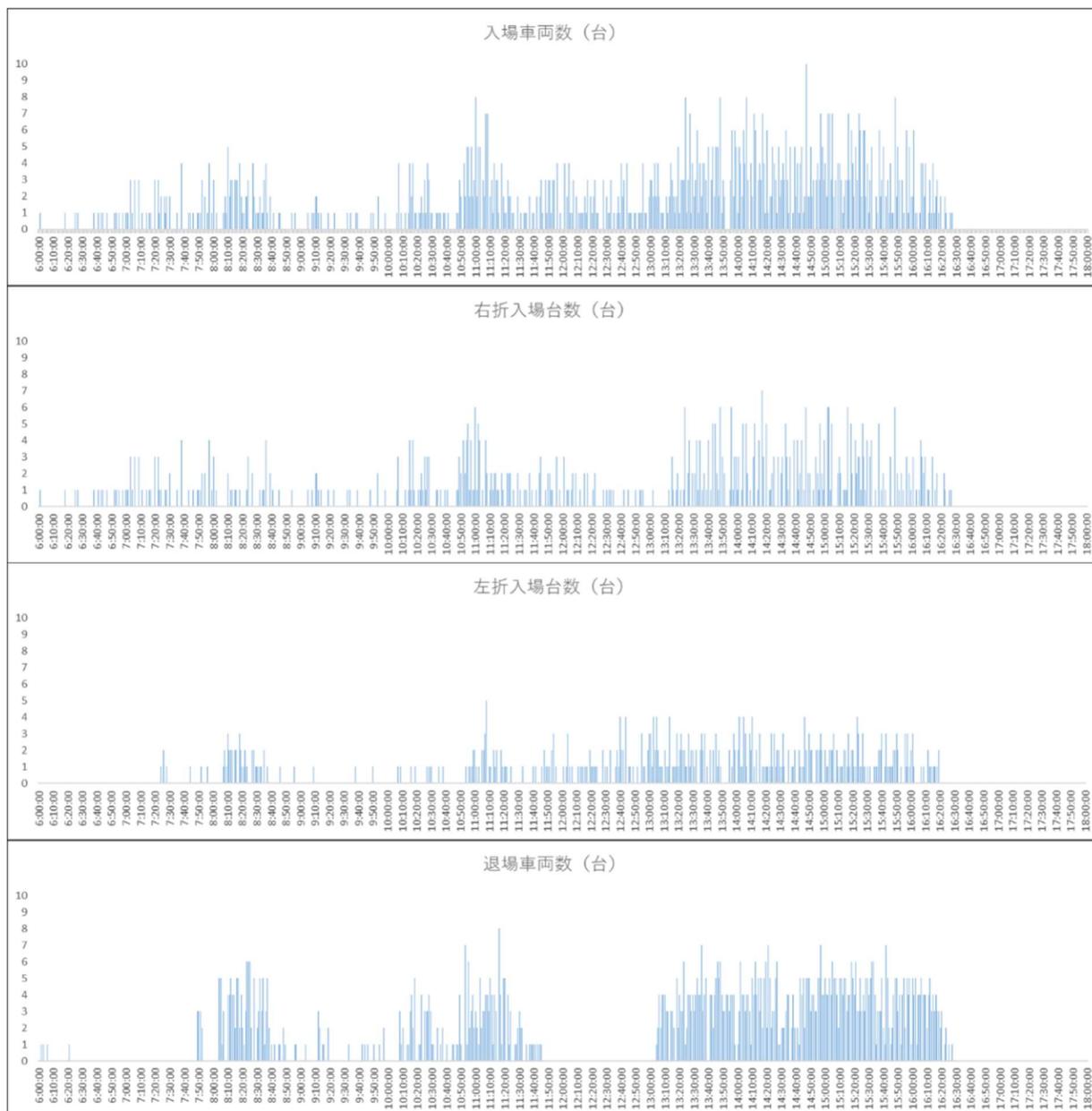


図 4.3-132 1月6日の入退場台数

表 4.3-59 1月6日の入退場台数

種別	台数 (台)
入場台数	1049
右折入場台数	604
左折入場台数	445
退場台数	1058

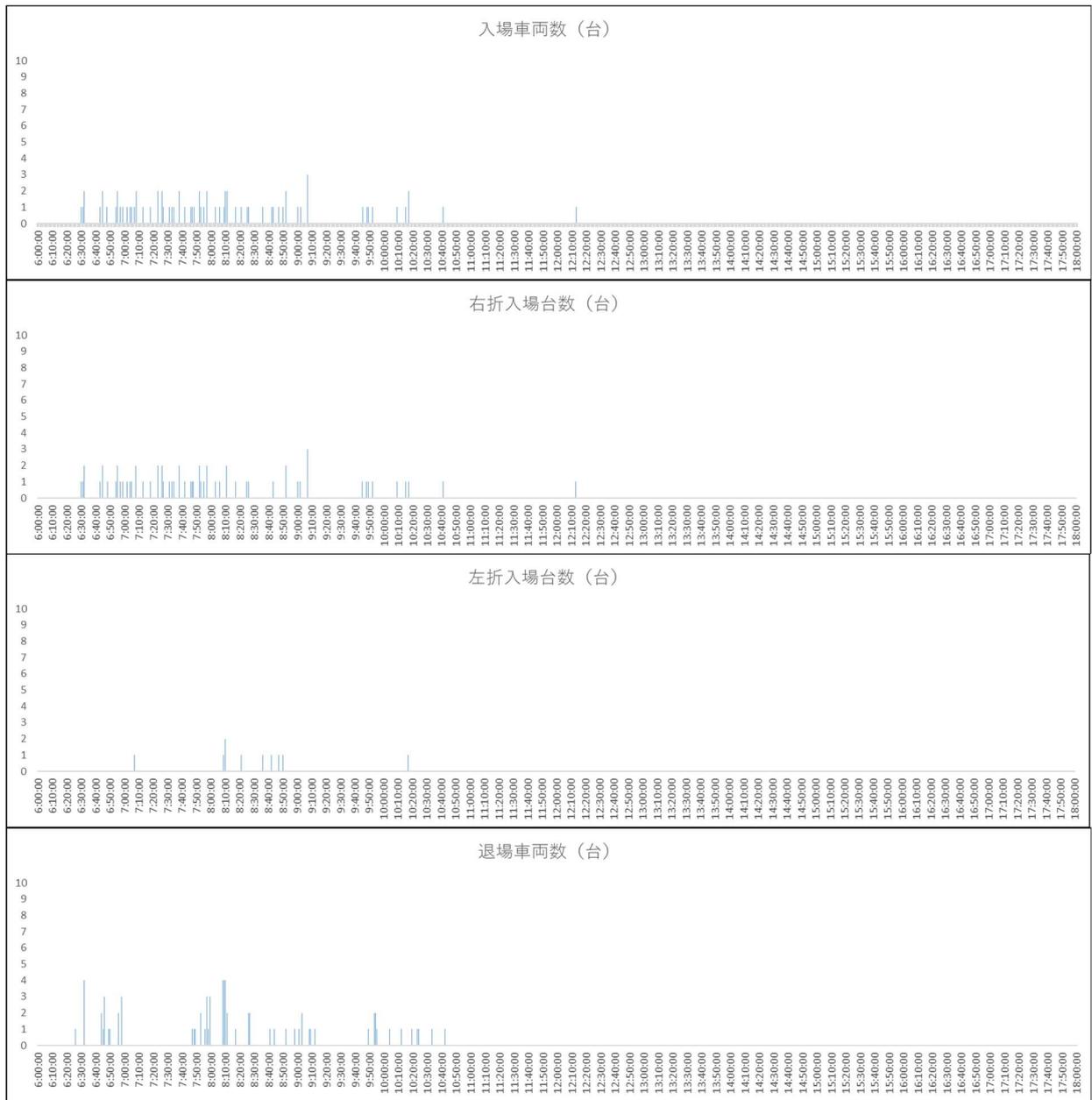


図 4.3-133 1月7日の入退場台数

表 4.3-60 1月7日の入退場台数

種別	台数 (台)
入場台数	74
右折入場台数	64
左折入場台数	10
退場台数	73

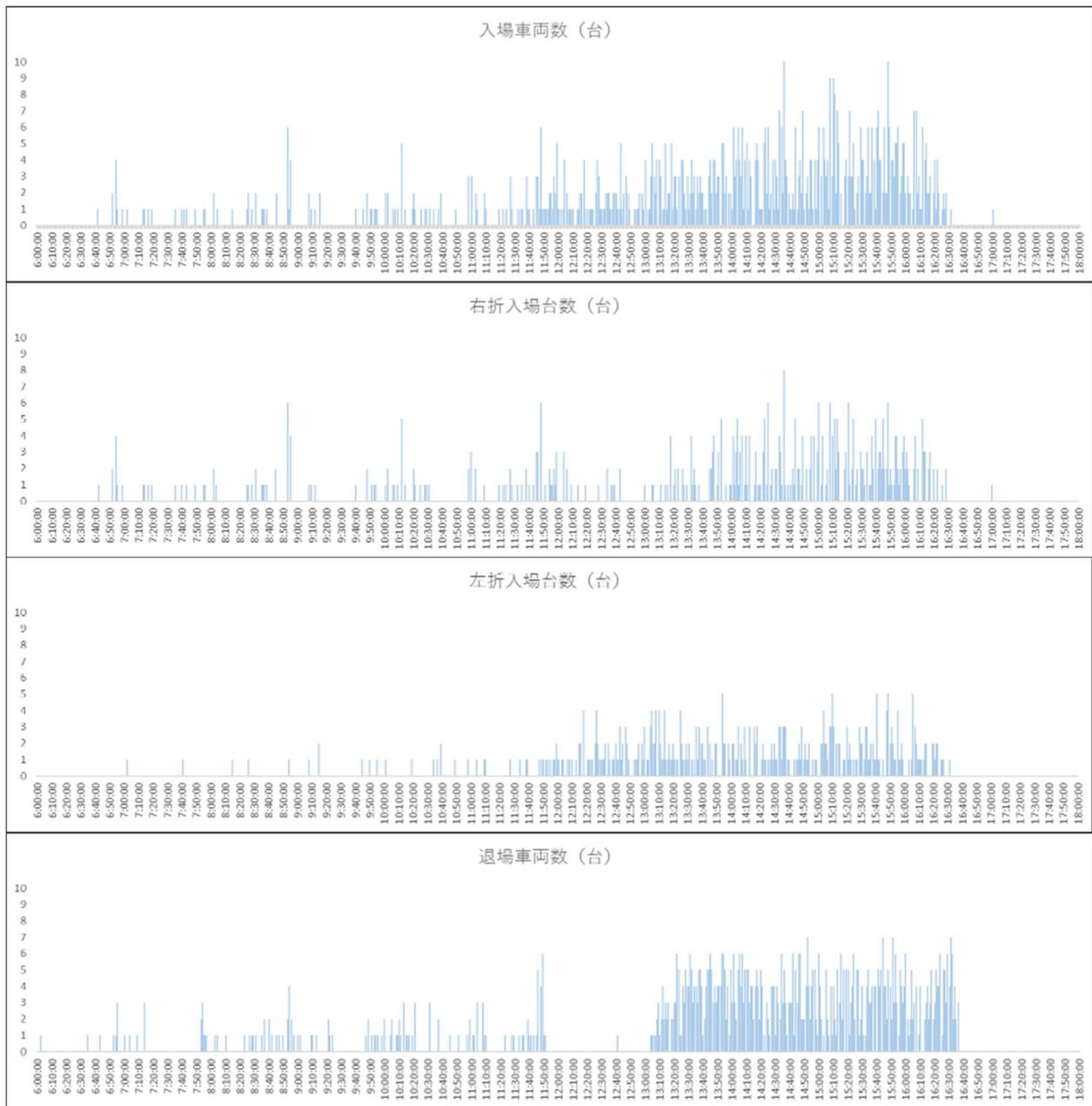


図 4.3-134 1月10日の入退場台数

表 4.3-61 1月10日の入退場台数

種別	台数 (台)
入場台数	873
右折入場台数	467
左折入場台数	406
退場台数	860

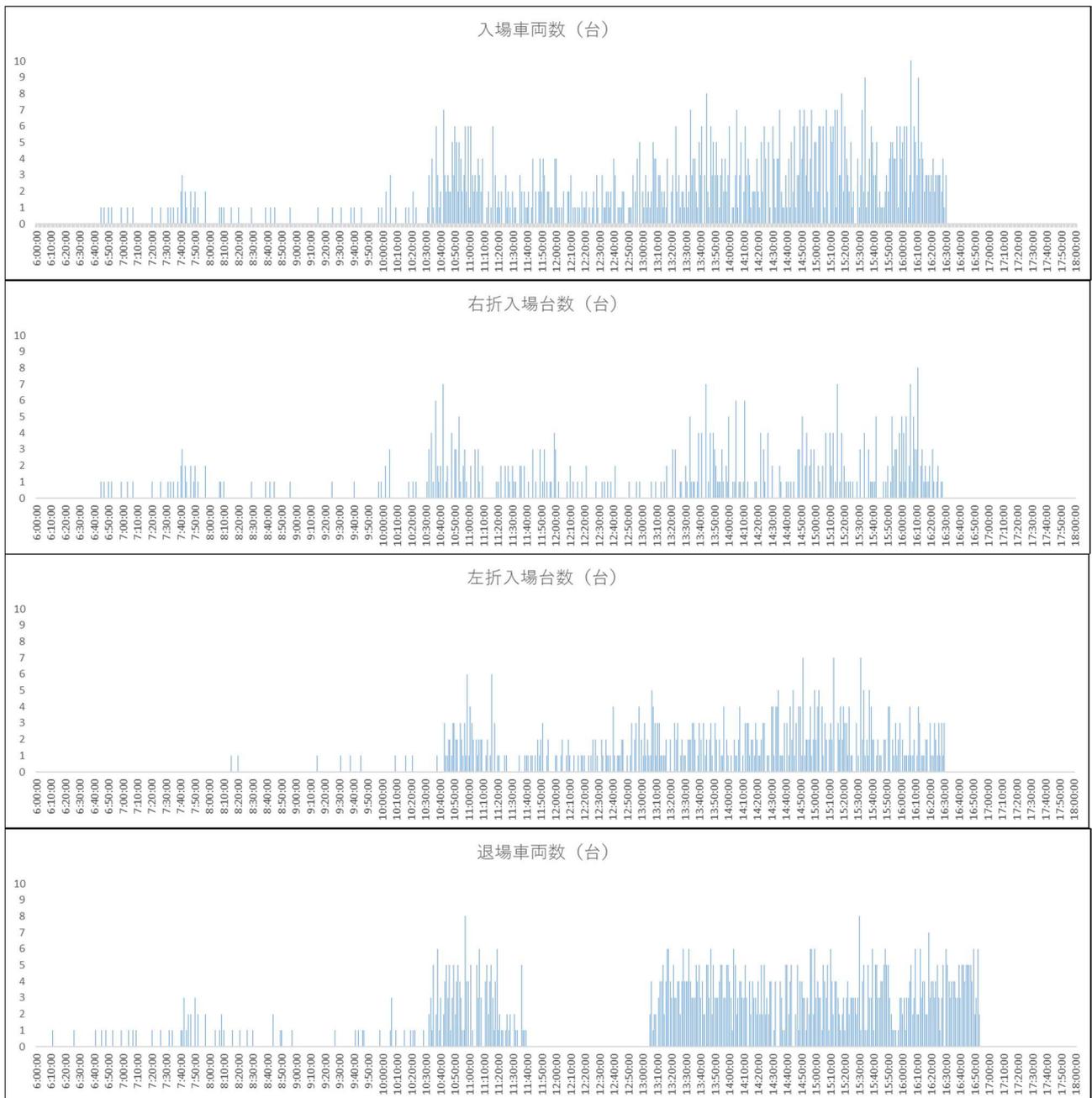


図 4.3-135 1月11日の入退場台数

表 4.3-62 1月11日の入退場台数

種別	台数 (台)
入場台数	1012
右折入場台数	454
左折入場台数	558
退場台数	1000

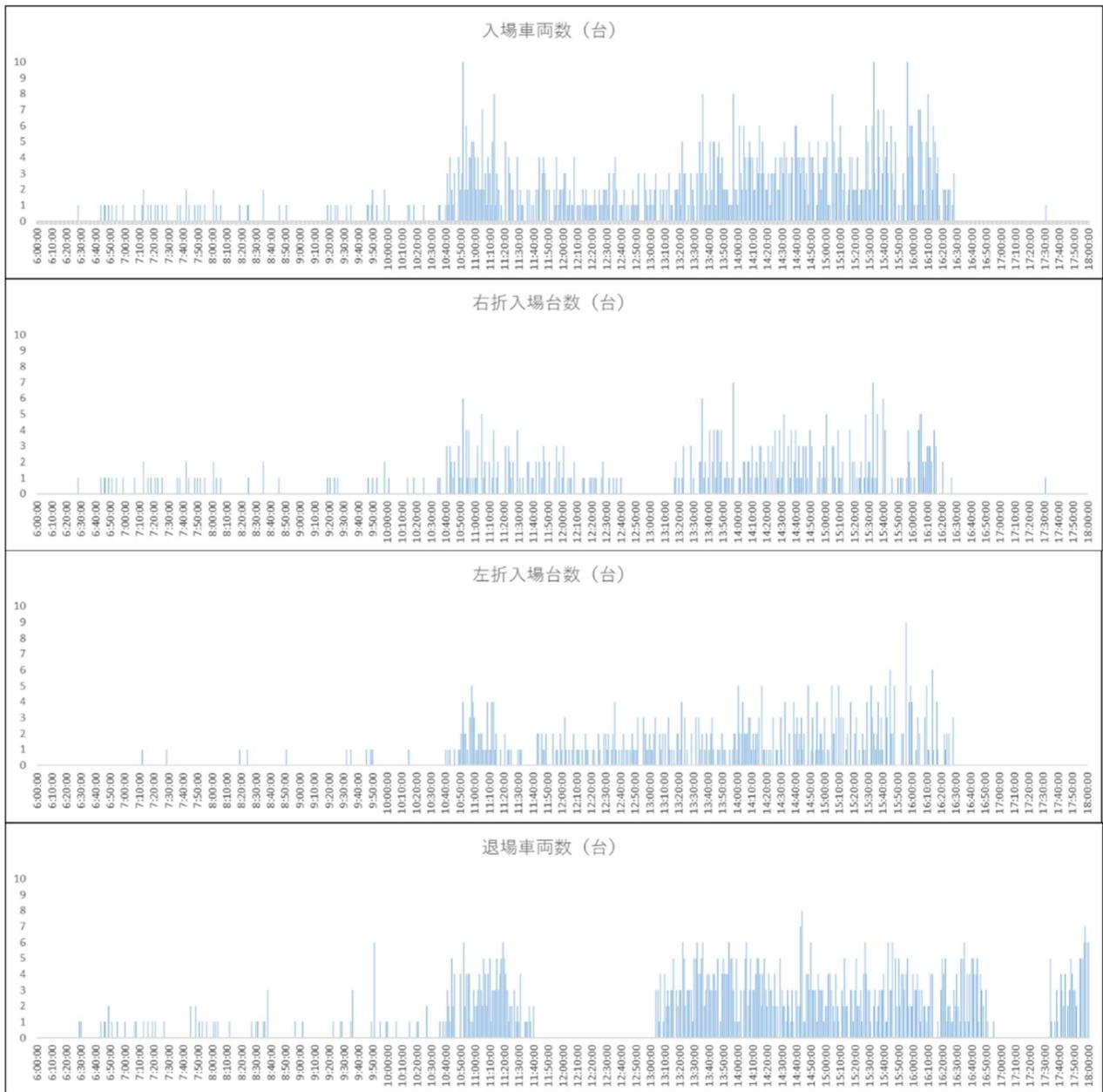


図 4.3-136 1月12日の入退場台数

表 4.3-63 1月12日の入退場台数

種別	台数 (台)
入場台数	931
右折入場台数	450
左折入場台数	481
退場台数	969

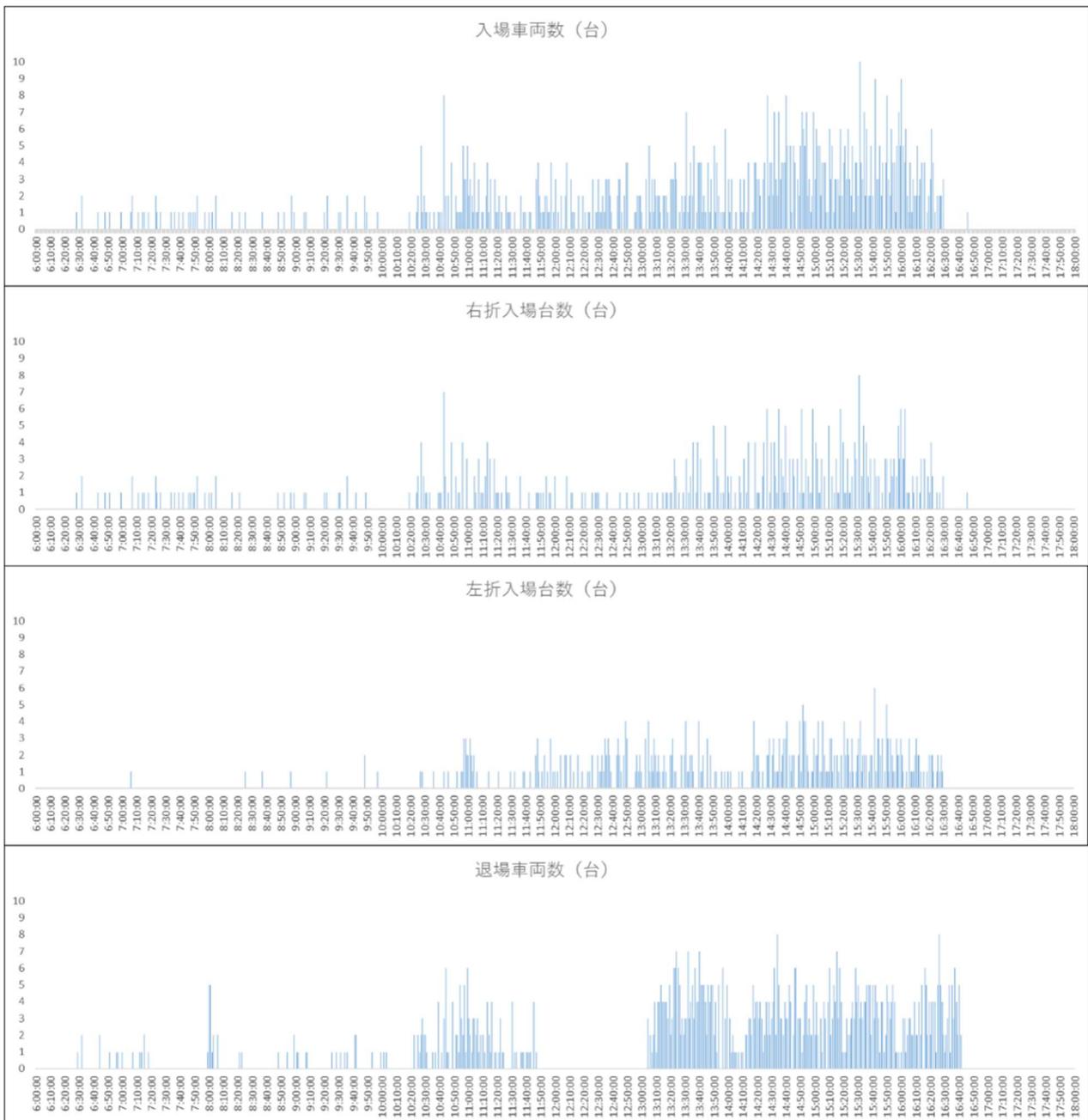


図 4.3-137 1月13日の入退場台数

表 4.3-64 1月13日の入退場台数

種別	台数 (台)
入場台数	871
右折入場台数	457
左折入場台数	414
退場台数	880

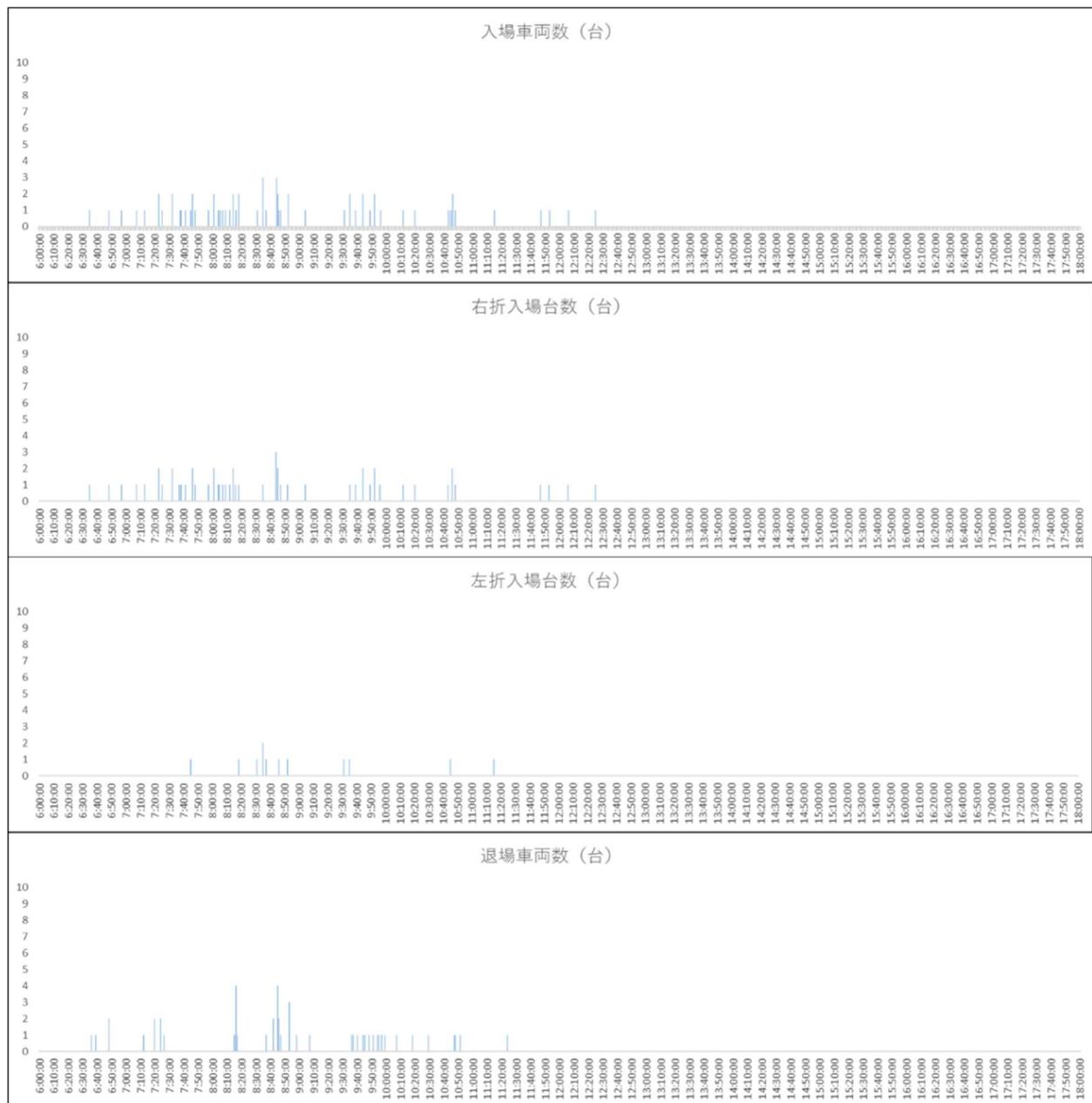


図 4.3-138 1月14日の入退場台数

表 4.3-65 1月14日の入退場台数

種別	台数 (台)
入場台数	67
右折入場台数	55
左折入場台数	12
退場台数	49

上記の結果より、導出式を用いて待機台数を導出しました。しかし待機時間が 10,800 秒(180分)を超えるデータが合計で 300 件強見られました。本実証作業において待機場内に待機できるトレーラーの最大台数は270台であるため、270に20秒を乗じた5,400秒(90分)に昼休憩時間(11:30～13:00)5,400秒を加えた10,800秒を超えるデータは異常な値である可能性が高いと考えられます。これにより数分間においてのみ、異常な待機時間がポータルサイトに掲載されてしまう可能性があります。

このようなデータが 300 件強も存在する原因としては次のようなものが考えられる

- ・ 待機場を本来の用途で使用していない(待機場内で待ち合わせを行っている等)
- ・ 同じ車両が 2 回以上待機場を利用した際に、1 度目の退場がカメラにうまく認識されなかった



図 4.3-139 同じ車両が 2 回以上待機場を利用した場合のエラーパターン

本実証作業では、前述した原因により発生する異常な値をノイズとして除去します。そのため入場時と退場時の順番を考慮し、以下のような処理を行いました。

- ① 入場時の前後 3 台分車番情報(陸運支局名、分類番号、かな文字、一連番号)を取得する

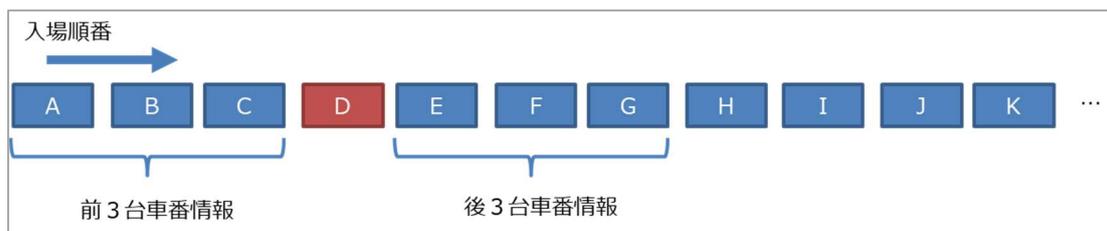


図 4.3-140 入場時の前後 3 台分車番情報の取得

- ② 退場時前後 3 台分車番情報を取得する

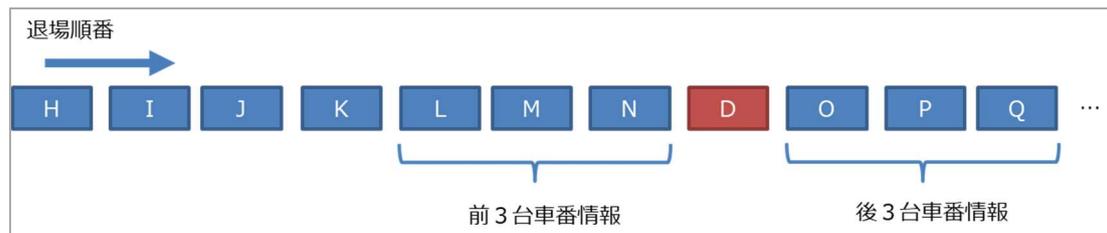


図 4.3-141 退場時前後 3 台分車番情報の取得

- ③ 退場時の前後車番情報のいずれかと一致するものが入場時の前後車番情報に 1 つも含まれていない場合その車両は待機列に並んでいないものとして除外する
 ※前後車両の認識失敗や多少の順番変更が起こる可能性を考慮し、前後車番情報比較の際は順番を考えない

例として、ノイズ除去前とノイズ除去後の 01/23～01/28 における 10 分ごとの待機時間推移を可視化した結果は以下の表のようになります。※下図では比較のため両グラフ 7,000 秒に赤線を追記しています。

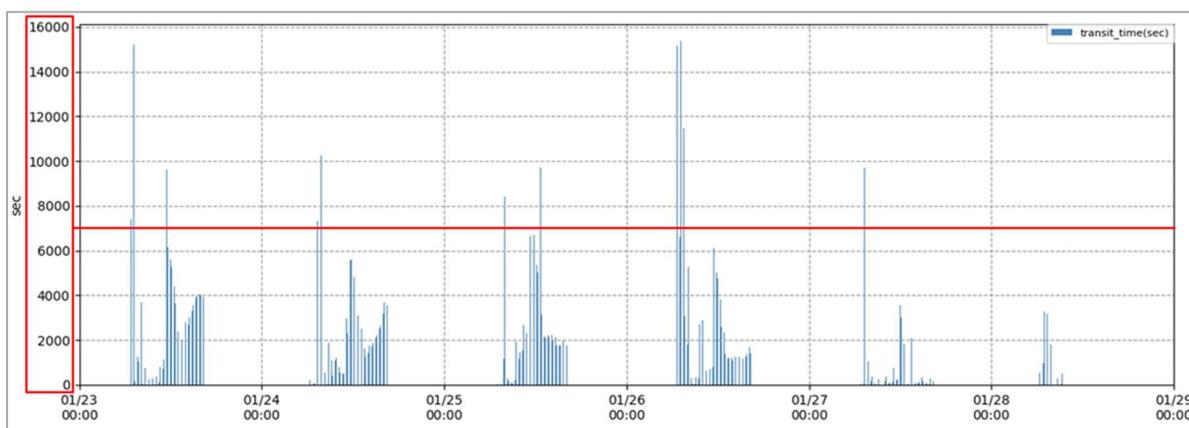


図 4.3-142 ノイズ除去前の待機時間

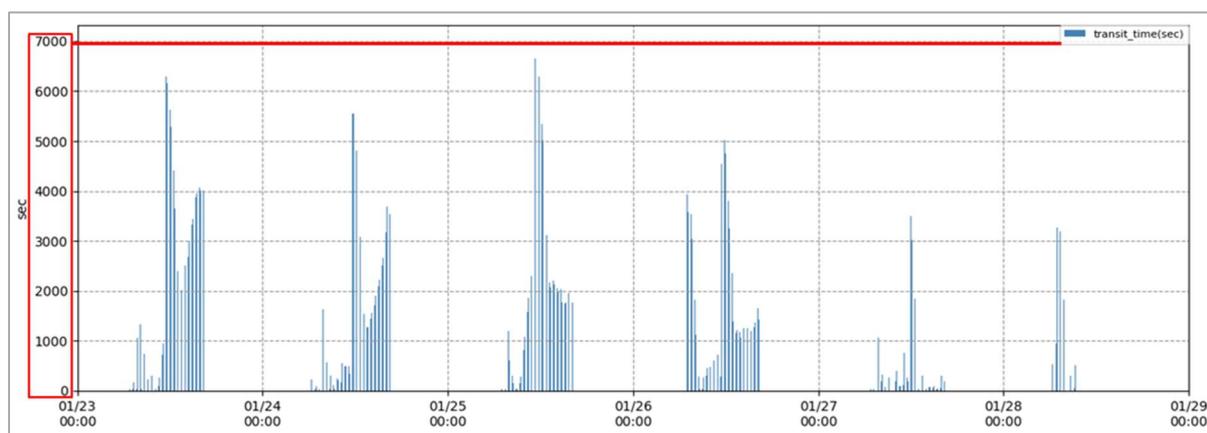


図 4.3-143 ノイズ除去後の待機時間

前術したノイズ除去作業前の待機時間推移は全体の傾向に比べて明らかに長すぎる待機時間が毎日数件見られますが、ノイズ除去作業後の待機時間推移では明らかに長すぎる待機時間が見られなくなり、うまくノイズを除去することができていることが分かりました。

この待機台数を用いて、全日程の予測待機時間を導出しました。その結果は以下の表の通りです。

表 4.3-66 12月16日の予測待機時間の誤差

種別	誤差時間
現在の待機場待ち時間（全体）	5分50秒
30分後の待機場待ち時間（全体）	8分32秒
現在の待機場待ち時間（営業時間）	4分37秒
30分後の待機場待ち時間（営業時間）	7分32秒

表 4.3-67 12月17日の予測待機時間の誤差

種別	誤差時間
現在の待機場待ち時間（全体）	10分24秒
30分後の待機場待ち時間（全体）	11分32秒
現在の待機場待ち時間（営業時間）	4分13秒
30分後の待機場待ち時間（営業時間）	4分29秒

表 4.3-68 12月19日の予測待機時間の誤差

種別	誤差時間
現在の待機場待ち時間（全体）	6分26秒
30分後の待機場待ち時間（全体）	12分44秒
現在の待機場待ち時間（営業時間）	3分38秒
30分後の待機場待ち時間（営業時間）	11分10秒

表 4.3-69 12月20日の予測待機時間の誤差

種別	誤差時間
現在の待機場待ち時間（全体）	8分59秒
30分後の待機場待ち時間（全体）	13分41秒
現在の待機場待ち時間（営業時間）	7分58秒
30分後の待機場待ち時間（営業時間）	13分29秒

表 4.3-70 12月21日の予測待機時間の誤差

種別	誤差時間
現在の待機場待ち時間（全体）	8分33秒
30分後の待機場待ち時間（全体）	12分18秒
現在の待機場待ち時間（営業時間）	7分41秒
30分後の待機場待ち時間（営業時間）	11分40秒

表 4.3-71 12月22日の予測待機時間の誤差

種別	誤差時間
現在の待機場待ち時間（全体）	6分25秒
30分後の待機場待ち時間（全体）	13分28秒
現在の待機場待ち時間（営業時間）	6分11秒
30分後の待機場待ち時間（営業時間）	13分51秒

表 4.3-72 12月23日の予測待機時間の誤差

種別	誤差時間
現在の待機場待ち時間（全体）	7分27秒
30分後の待機場待ち時間（全体）	12分08秒
現在の待機場待ち時間（営業時間）	6分26秒
30分後の待機場待ち時間（営業時間）	11分37秒

表 4.3-73 12月24日の予測待機時間の誤差

種別	誤差時間
現在の待機場待ち時間（全体）	5分48秒
30分後の待機場待ち時間（全体）	5分45秒
現在の待機場待ち時間（営業時間）	4分26秒
30分後の待機場待ち時間（営業時間）	4分43秒

表 4.3-74 12月26日の予測待機時間の誤差

種別	誤差時間
現在の待機場待ち時間（全体）	9分19秒
30分後の待機場待ち時間（全体）	11分39秒
現在の待機場待ち時間（営業時間）	8分48秒
30分後の待機場待ち時間（営業時間）	11分40秒

表 4.3-75 12月27日の予測待機時間の誤差

種別	誤差時間
現在の待機場待ち時間（全体）	8分12秒
30分後の待機場待ち時間（全体）	11分12秒
現在の待機場待ち時間（営業時間）	8分54秒
30分後の待機場待ち時間（営業時間）	12分36秒

表 4.3-76 12月28日の予測待機時間の誤差

種別	誤差時間
現在の待機場待ち時間（全体）	23分16秒
30分後の待機場待ち時間（全体）	24分45秒
現在の待機場待ち時間（営業時間）	32分16秒
30分後の待機場待ち時間（営業時間）	36分06秒

表 4.3-77 12月29日の予測待機時間の誤差

種別	誤差時間
現在の待機場待ち時間（全体）	14分26秒
30分後の待機場待ち時間（全体）	14分30秒
現在の待機場待ち時間（営業時間）	27分15秒
30分後の待機場待ち時間（営業時間）	25分37秒

表 4.3-78 12月30日の予測待機時間の誤差

種別	誤差時間
現在の待機場待ち時間（全体）	—
30分後の待機場待ち時間（全体）	—
現在の待機場待ち時間（営業時間）	—
30分後の待機場待ち時間（営業時間）	—

表 4.3-79 1月3日の予測待機時間の誤差

種別	誤差時間
現在の待機場待ち時間（全体）	—
30分後の待機場待ち時間（全体）	—
現在の待機場待ち時間（営業時間）	—
30分後の待機場待ち時間（営業時間）	—

表 4.3-80 1月4日の予測待機時間の誤差

種別	誤差時間
現在の待機場待ち時間（全体）	—
30分後の待機場待ち時間（全体）	—
現在の待機場待ち時間（営業時間）	—
30分後の待機場待ち時間（営業時間）	—

表 4.3-81 1月5日の予測待機時間の誤差

種別	誤差時間
現在の待機場待ち時間（全体）	26分56秒
30分後の待機場待ち時間（全体）	31分47秒
現在の待機場待ち時間（営業時間）	11分18秒
30分後の待機場待ち時間（営業時間）	14分55秒

表 4.3-82 1月6日の予測待機時間の誤差

種別	誤差時間
現在の待機場待ち時間（全体）	12分19秒
30分後の待機場待ち時間（全体）	16分25秒
現在の待機場待ち時間（営業時間）	7分32秒
30分後の待機場待ち時間（営業時間）	10分55秒

表 4.3-83 1月7日の予測待機時間の誤差

種別	誤差時間
現在の待機場待ち時間（全体）	14分07秒
30分後の待機場待ち時間（全体）	15分28秒
現在の待機場待ち時間（営業時間）	8分53秒
30分後の待機場待ち時間（営業時間）	3分48秒

表 4.3-84 1月10日の予測待機時間の誤差

種別	誤差時間
現在の待機場待ち時間（全体）	7分04秒
30分後の待機場待ち時間（全体）	11分18秒
現在の待機場待ち時間（営業時間）	7分08秒
30分後の待機場待ち時間（営業時間）	12分19秒

表 4.3-85 1月11日の予測待機時間の誤差

種別	誤差時間
現在の待機場待ち時間（全体）	4分43秒
30分後の待機場待ち時間（全体）	9分20秒
現在の待機場待ち時間（営業時間）	4分55秒
30分後の待機場待ち時間（営業時間）	10分12秒

表 4.3-86 1月12日の予測待機時間の誤差

種別	誤差時間
現在の待機場待ち時間（全体）	8分37秒
30分後の待機場待ち時間（全体）	14分28秒
現在の待機場待ち時間（営業時間）	9分22秒
30分後の待機場待ち時間（営業時間）	16分04秒

表 4.3-87 1月13日の予測待機時間の誤差

種別	誤差時間
現在の待機場待ち時間（全体）	4分45秒
30分後の待機場待ち時間（全体）	7分37秒
現在の待機場待ち時間（営業時間）	4分01秒
30分後の待機場待ち時間（営業時間）	7分19秒

表 4.3-88 1月14日の予測待機時間の誤差

種別	誤差時間
現在の待機場待ち時間（全体）	10分44秒
30分後の待機場待ち時間（全体）	11分55秒
現在の待機場待ち時間（営業時間）	4分14秒
30分後の待機場待ち時間（営業時間）	4分55秒

以下は全日程（23営業日）における予測待機時間の誤差平均の結果です。

表 4.3-89 全日程の予測待機時間の誤差の平均

種別	誤差時間
現在の待機場待ち時間（全体）	10分13秒
30分後の待機場待ち時間（全体）	13分32秒
現在の待機場待ち時間（営業時間）	8分59秒
30分後の待機場待ち時間（営業時間）	12分15秒

上記より、ポータルサイトに表示される現在時刻または30分前の時刻における予測待機時間は10分未満の誤差があることが判明しました。また30分後の待機場待ち時間における予測待機時間は15分程度の誤差があることが判明しました。この誤差の原因としては以下のことが考えられます。

- C10 ゲートの処理速度（退場間隔）

C10 ゲートの処理速度を今回は一定として算出しましたが、時刻や人やトレーラーの状況により処理速度が変動することが考えられます。

- 30 分後の待機台数

30 分後の待機台数の導出式は 30 分前からの増加数を加算したものとしていましたが、現在時刻を境に待機台数が減少傾向となる場合等において 30 分後の待機台数が大きく異なった台数となることが考えられます。

- C10 ゲートへの入場待機目的以外での待機場の利用

待機台数が瞬間的に減少している時間があり、これはトレーラー待機場に入場したが待機列に並ばずにそのまま退場ゲートへ向かったトレーラーが存在していたためでした。現在の待機台数を導出する導出式は、こうしたトレーラーの存在に大きく影響を受けてしまい、待機台数が意図せず減少してしまったことが考えられます。

上記の原因に対する対策としては以下の方法にて対応することが望ましいと考えられます。

固定値の C10 ゲートの処理速度ではなく、予測モデルの作成や当日の退場ゲートの出場間隔の実績値などから C10 ゲートの処理速度を導出し、任意の日・任意の時間ごとの変動した処理速度をもとに待機時間を導出することで精度の向上が考えられる。また、30 分後の予測待機台数についても現在の画一的な導出式ではなく、予測モデルや当日の毎分の入場間隔のや退場間隔の増減率、更にそれらの曜日特性を加味した導出式を構築することで精度の向上が期待できると考えられます。更に①により、現在はカメラの認識精度が昨年度より低いために待機台数の導出式が C10 ゲートへの入場目的以外での待機場の利用を行うトレーラーの影響を受けています。カメラの追加により認識精度が向上すると、待機台数の導出式は入場台数と退場台数の差より導出され、これは目的外利用を行うトレーラーの影響を受けないと考えられます。

<Ⅲ-3：可視化サイトのオープン後の、トレーラー台数、滞留時間等のデータを収集>

○評価：予測待機時間の精度の確認

2月6日から3月6日まで（23営業日）のデータの収集結果を可視化前の同様に各日の入場台数・右折入場台数・左折入場台数・退場台数を導出しました。

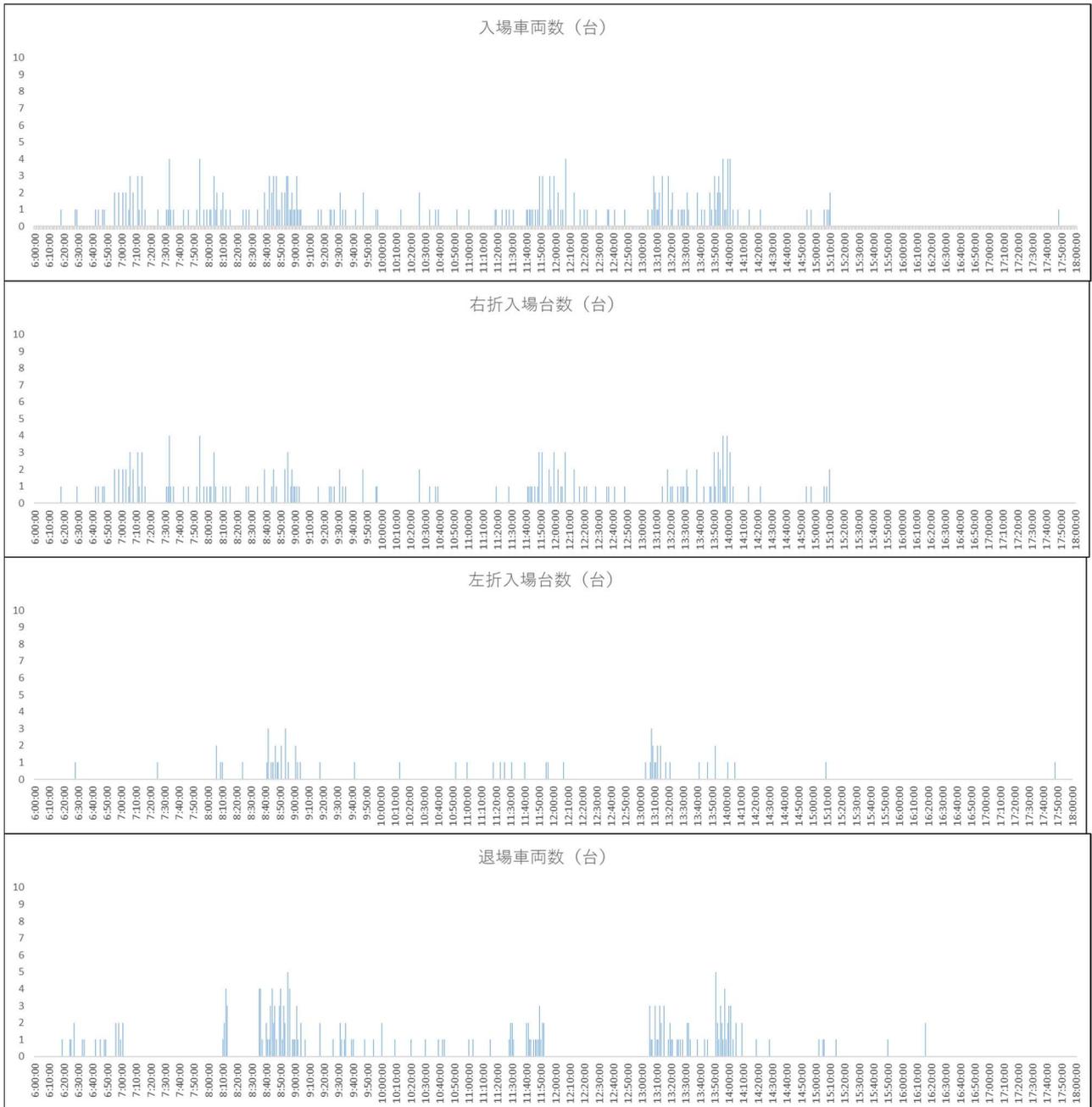


図 4.3-144 2月6日の入退場台数

表 4.3-90 2月6日の入退場台数

種別	台数 (台)
入場台数	240
右折入場台数	177
左折入場台数	63
退場台数	210

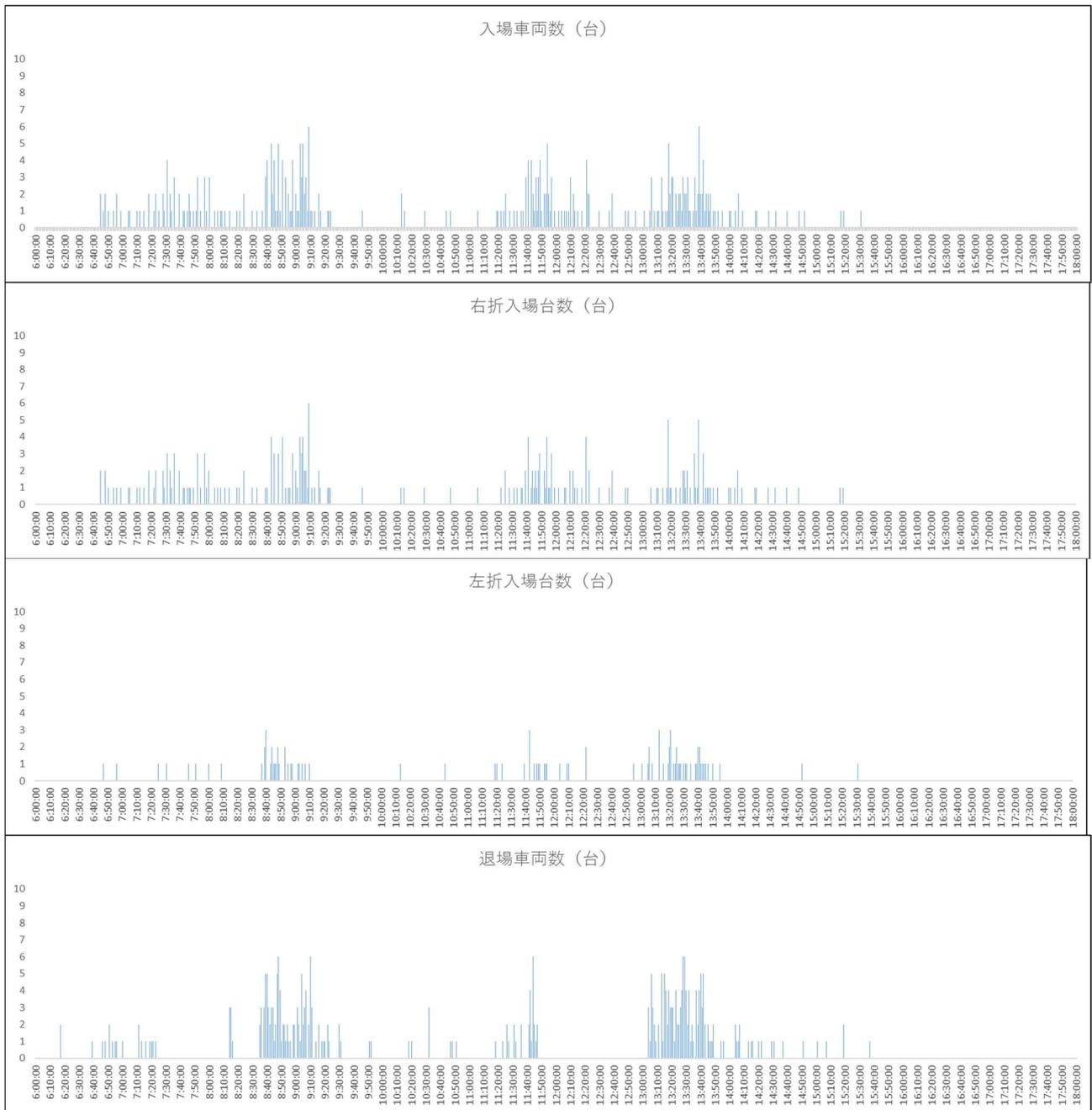


図 4.3-145 2月7日の入退場台数

表 4.3-91 2月7日の入退場台数

種別	台数 (台)
入場台数	332
右折入場台数	236
左折入場台数	96
退場台数	311



図 4.3-146 2月8日の入退場台数

表 4.3-92 2月8日の入退場台数

種別	台数 (台)
入場台数	940
右折入場台数	585
左折入場台数	355
退場台数	959

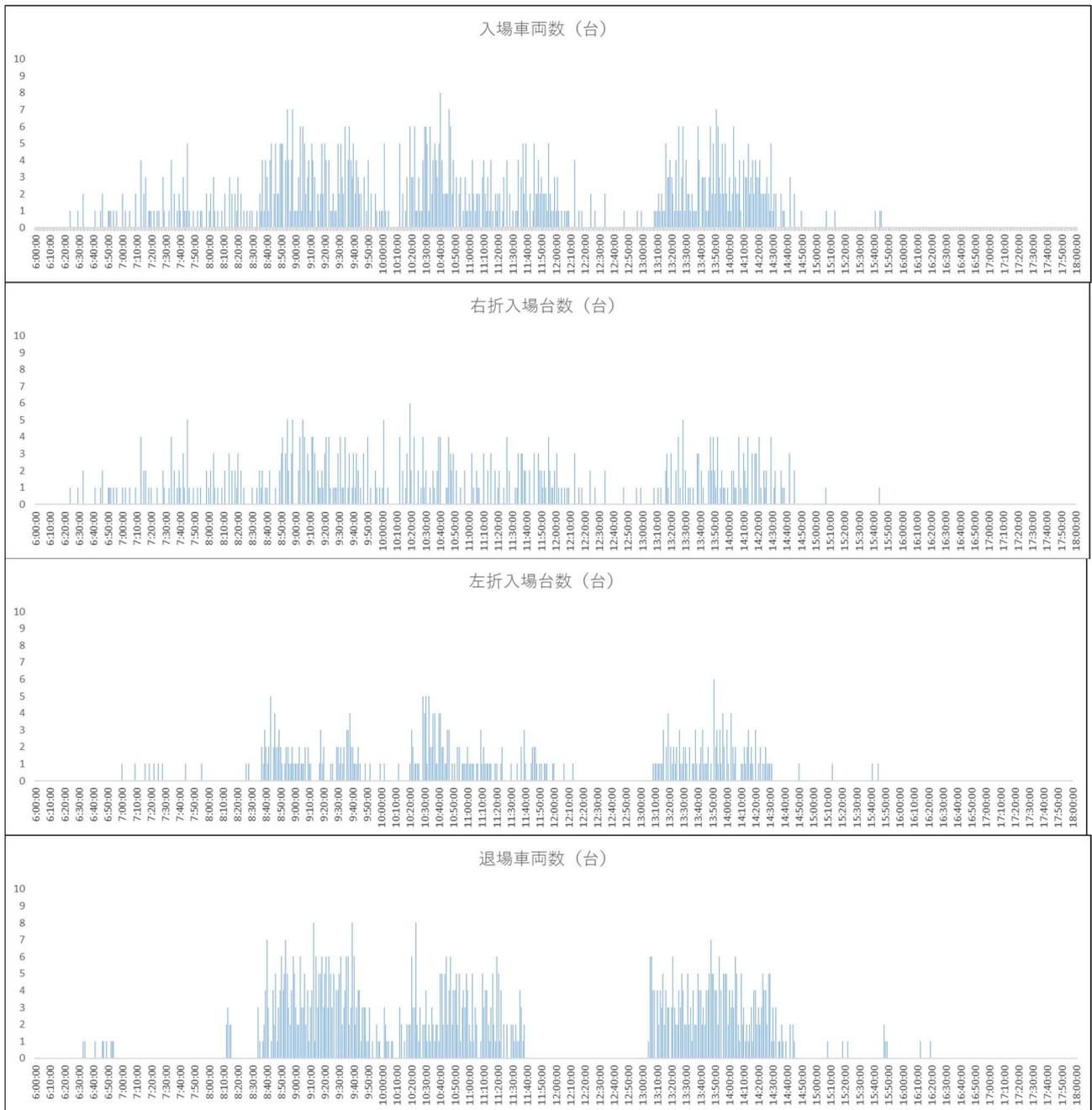


図 4.3-147 2月9日の入退場台数

表 4.3-93 2月9日の入退場台数

種別	台数 (台)
入場台数	852
右折入場台数	497
左折入場台数	355
退場台数	849

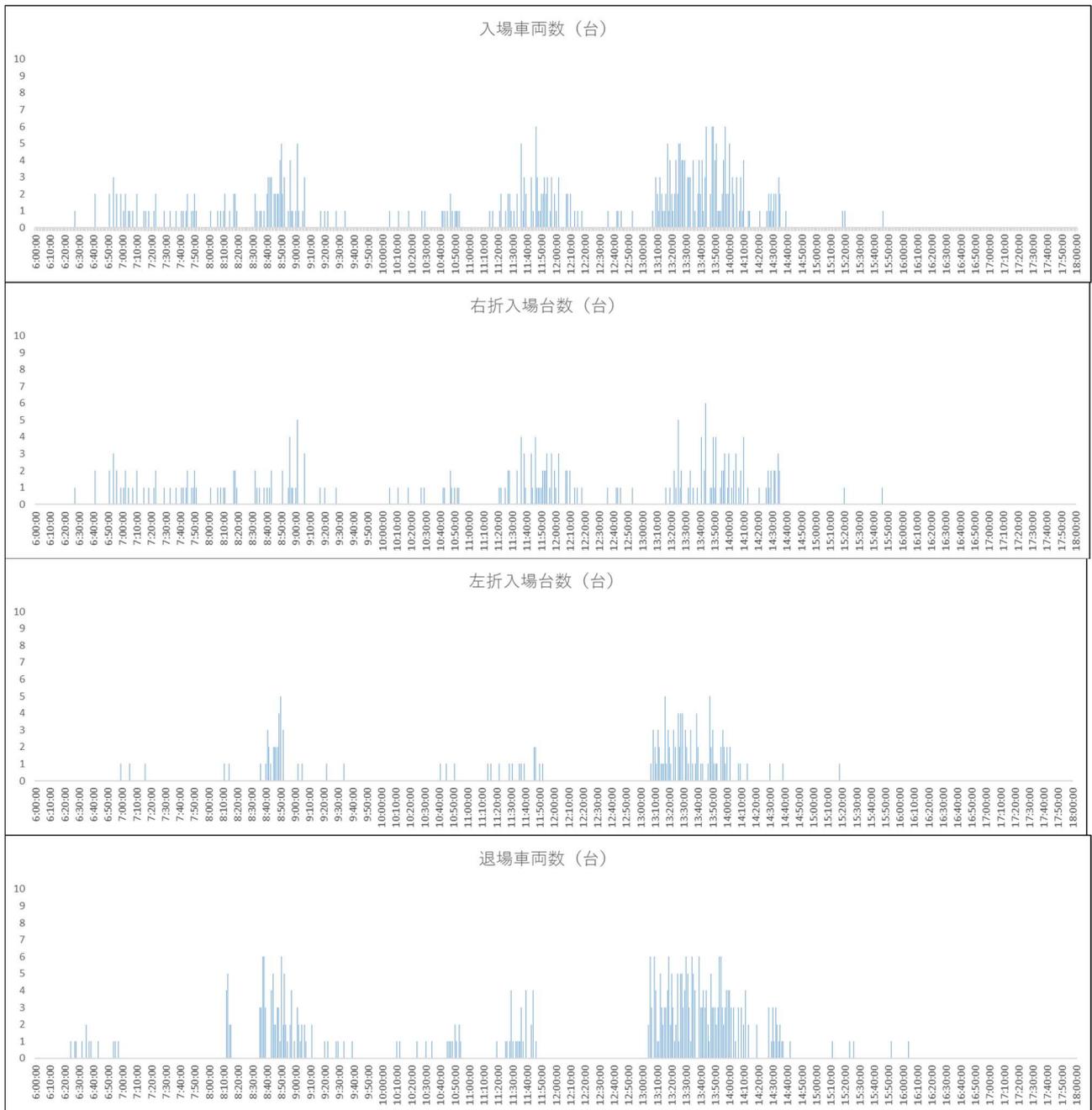


図 4.3-148 2月10日の入退場台数

表 4.3-94 2月10日の入退場台数

種別	台数 (台)
入場台数	387
右折入場台数	236
左折入場台数	151
退場台数	390

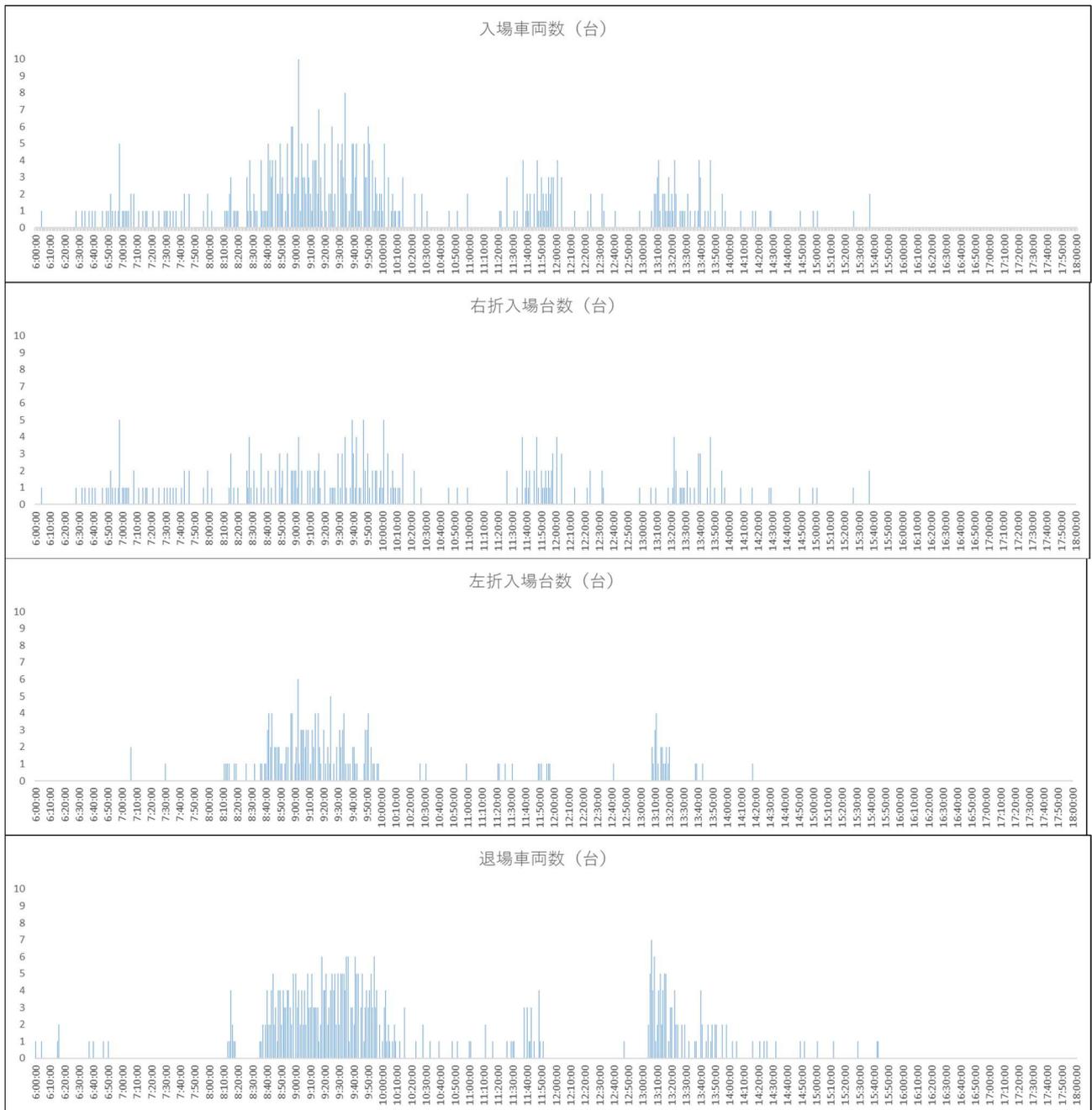


図 4.3-149 2月13日の入退場台数

表 4.3-95 2月13日の入退場台数

種別	台数 (台)
入場台数	470
右折入場台数	282
左折入場台数	188
退場台数	459

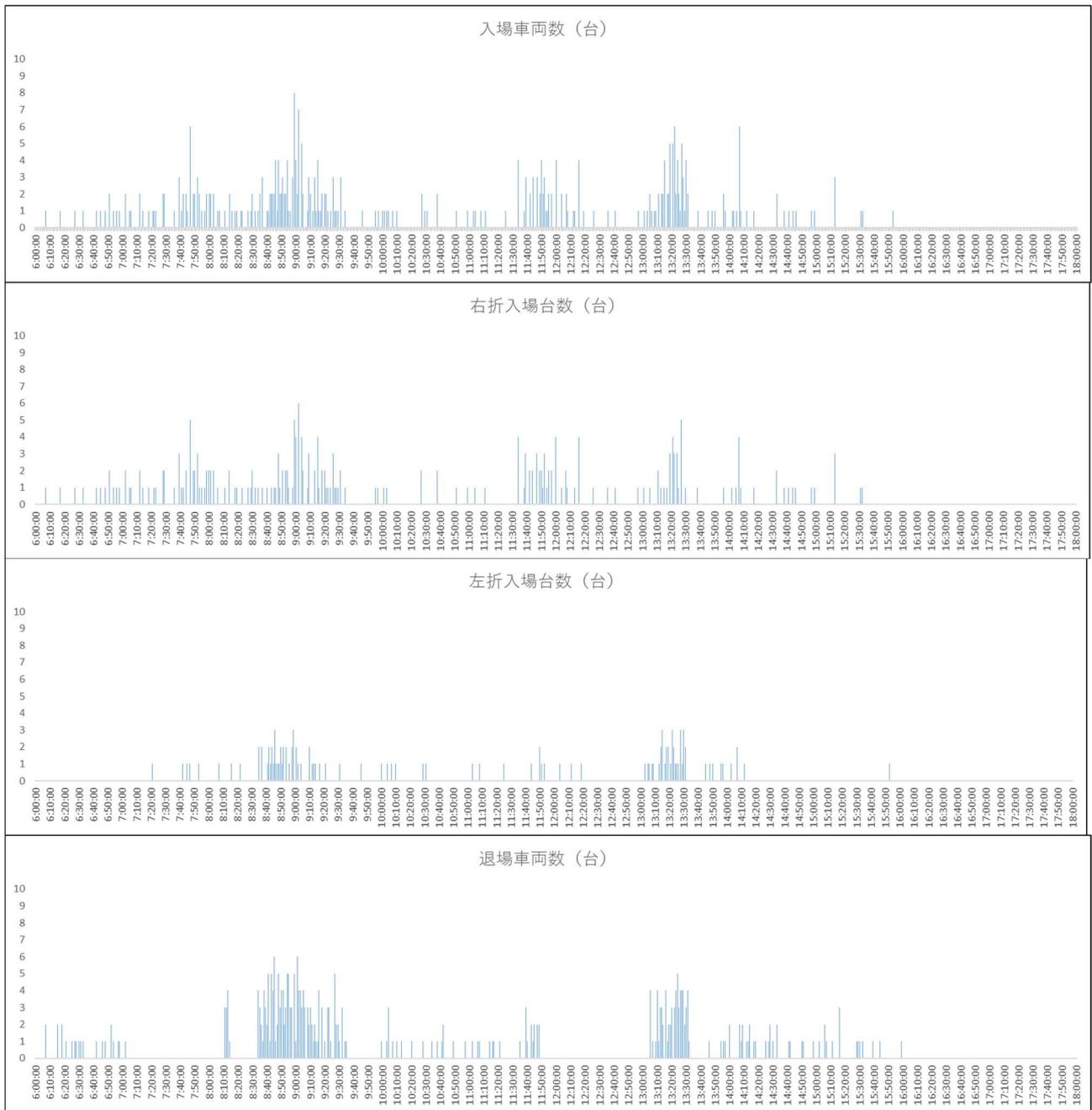


図 4.3-150 2月14日の入退場台数

表 4.3-96 2月14日の入退場台数

種別	台数 (台)
入場台数	354
右折入場台数	242
左折入場台数	112
退場台数	338

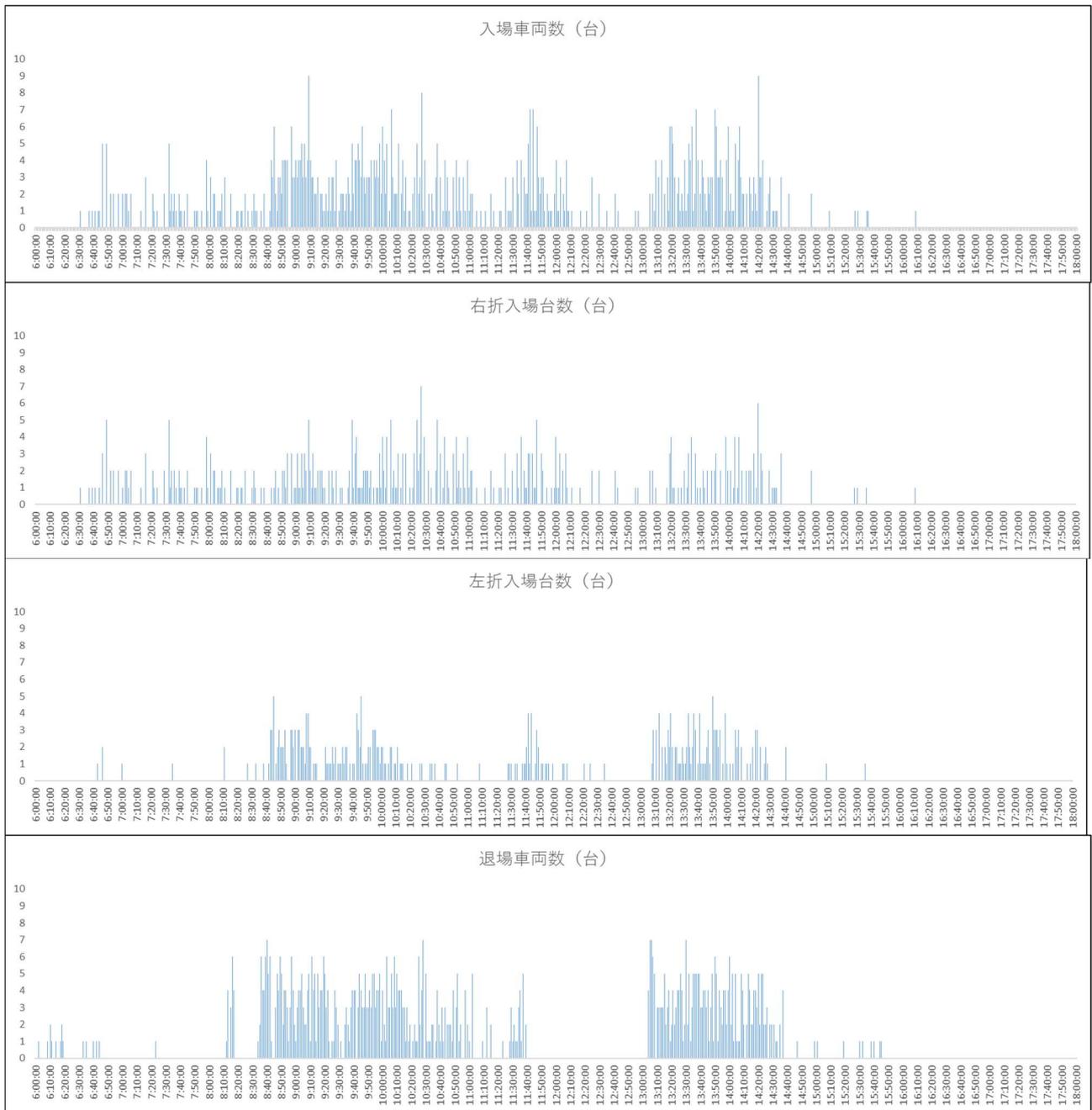


図 4.3-151 2月15日の入退場台数

表 4.3-97 2月15日の入退場台数

種別	台数 (台)
入場台数	800
右折入場台数	470
左折入場台数	330
退場台数	799

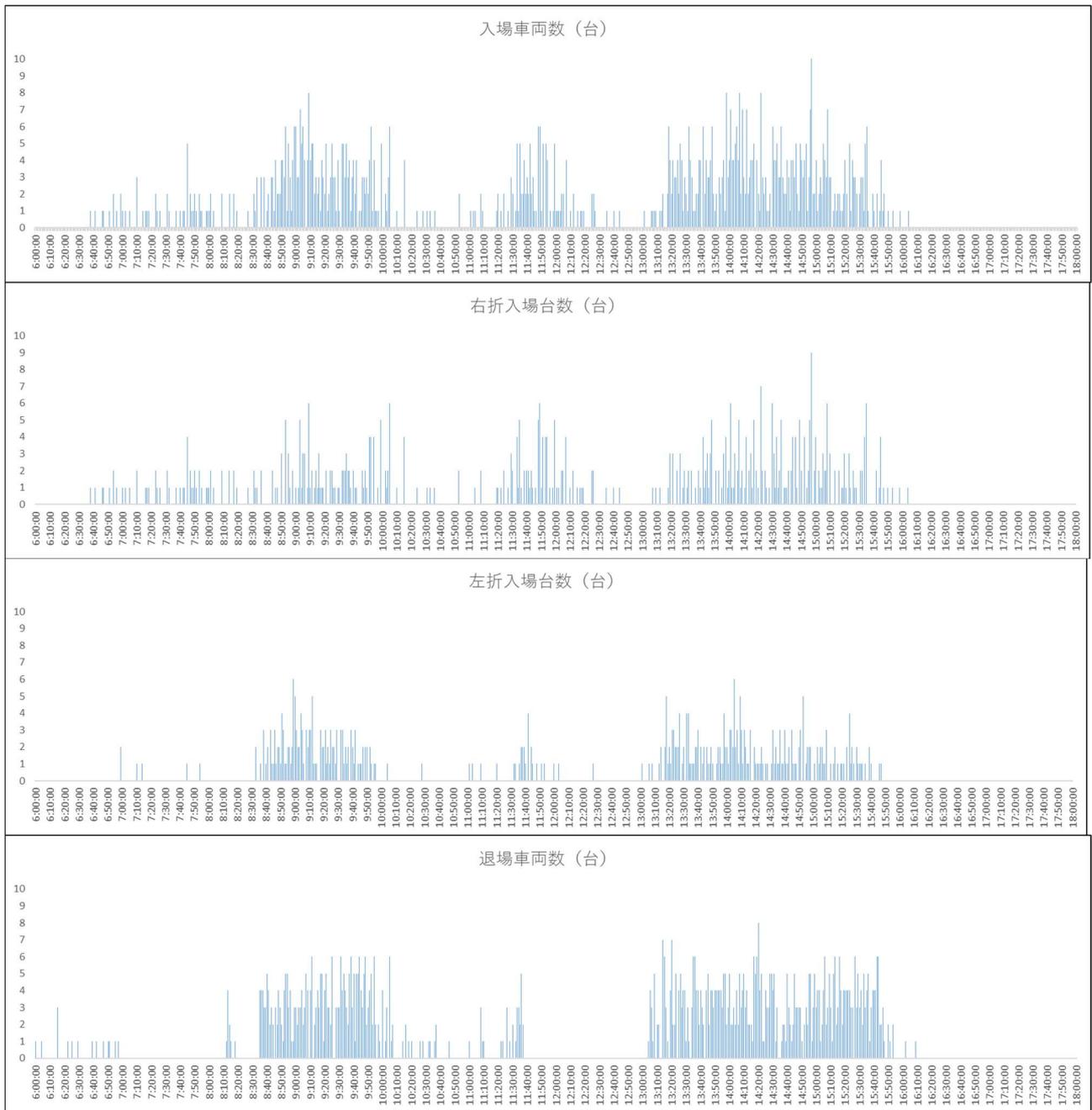


図 4.3-152 2月16日の入退場台数

表 4.3-98 2月16日の入退場台数

種別	台数 (台)
入場台数	800
右折入場台数	470
左折入場台数	330
退場台数	799

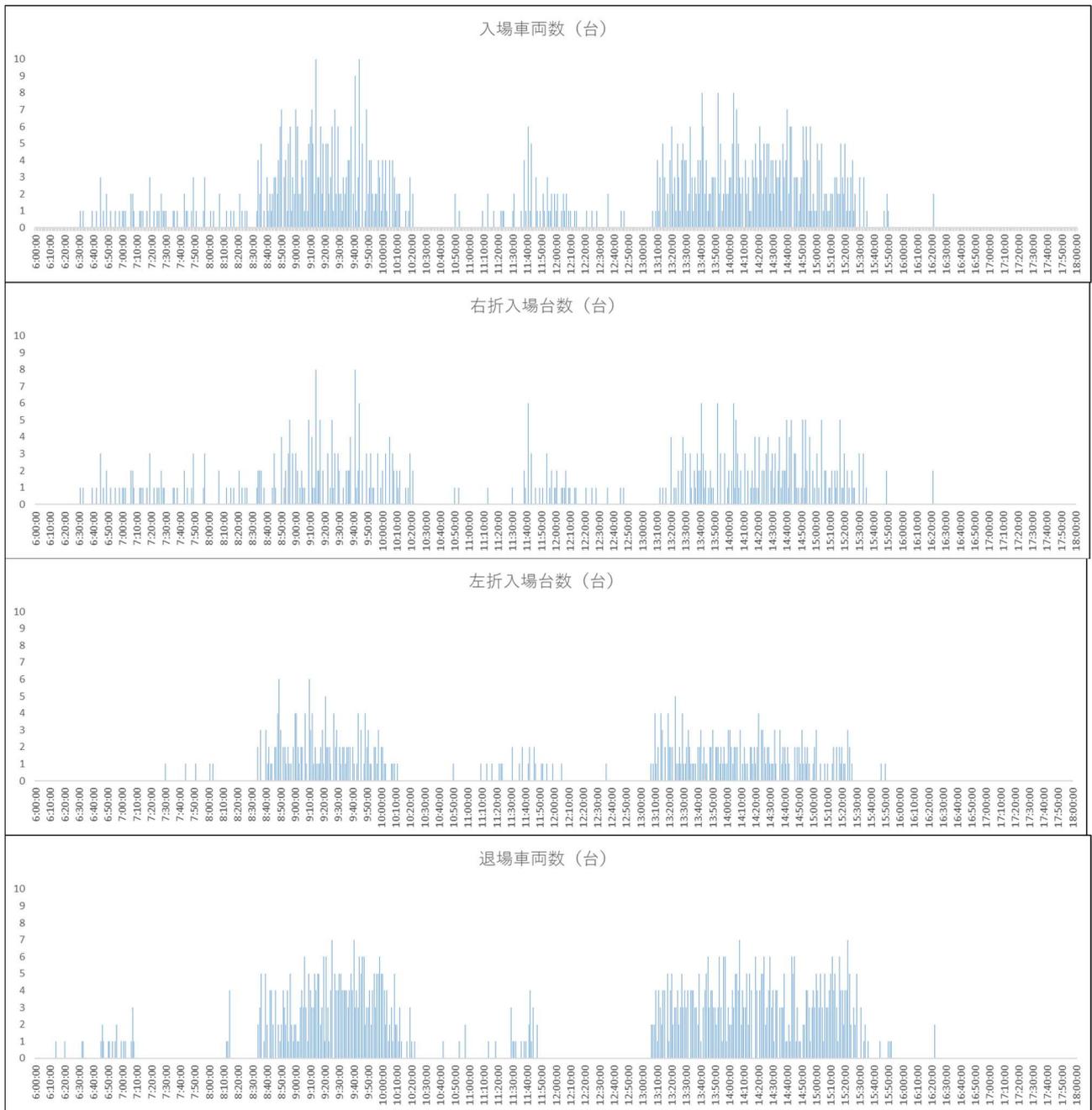


図 4.3-153 2月17日の入退場台数

表 4.3-99 2月17日の入退場台数

種別	台数 (台)
入場台数	887
右折入場台数	493
左折入場台数	394
退場台数	872

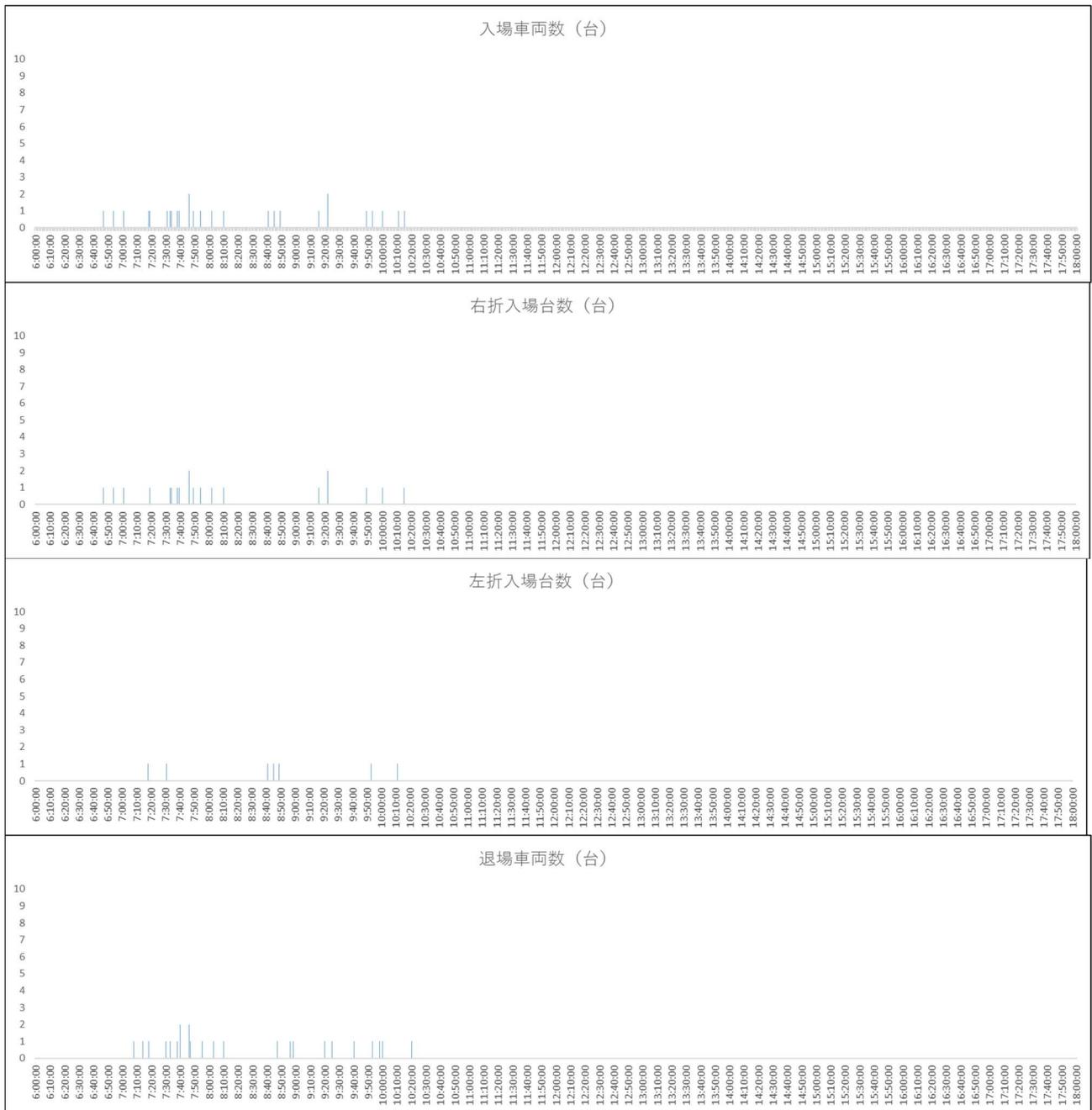


図 4.3-154 2月18日の入退場台数

表 4.3-100 2月18日の入退場台数

種別	台数 (台)
入場台数	27
右折入場台数	20
左折入場台数	7
退場台数	24

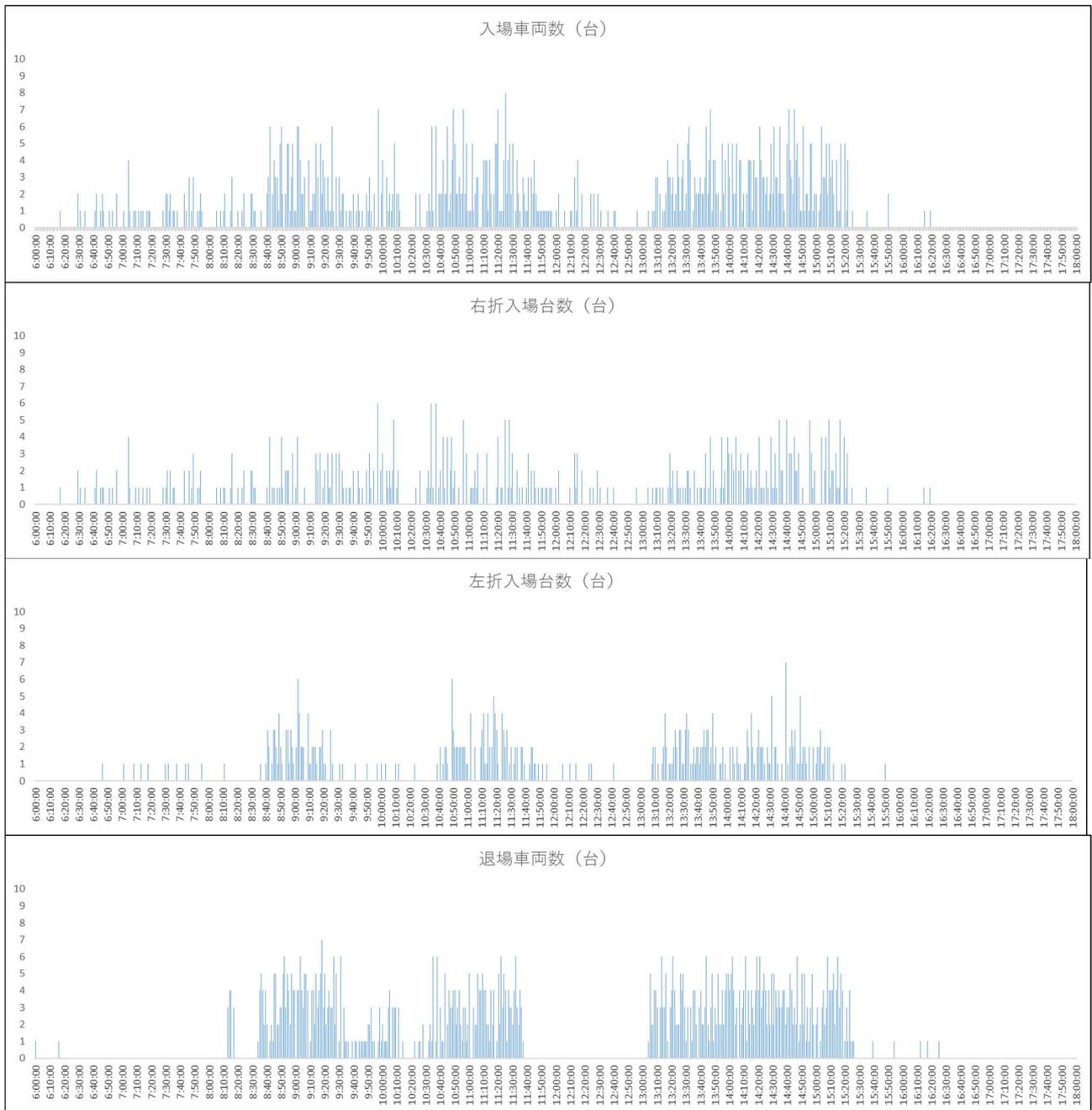


図 4.3-155 2月20日の入退場台数

表 4.3-101 2月20日の入退場台数

種別	台数 (台)
入場台数	885
右折入場台数	479
左折入場台数	406
退場台数	903

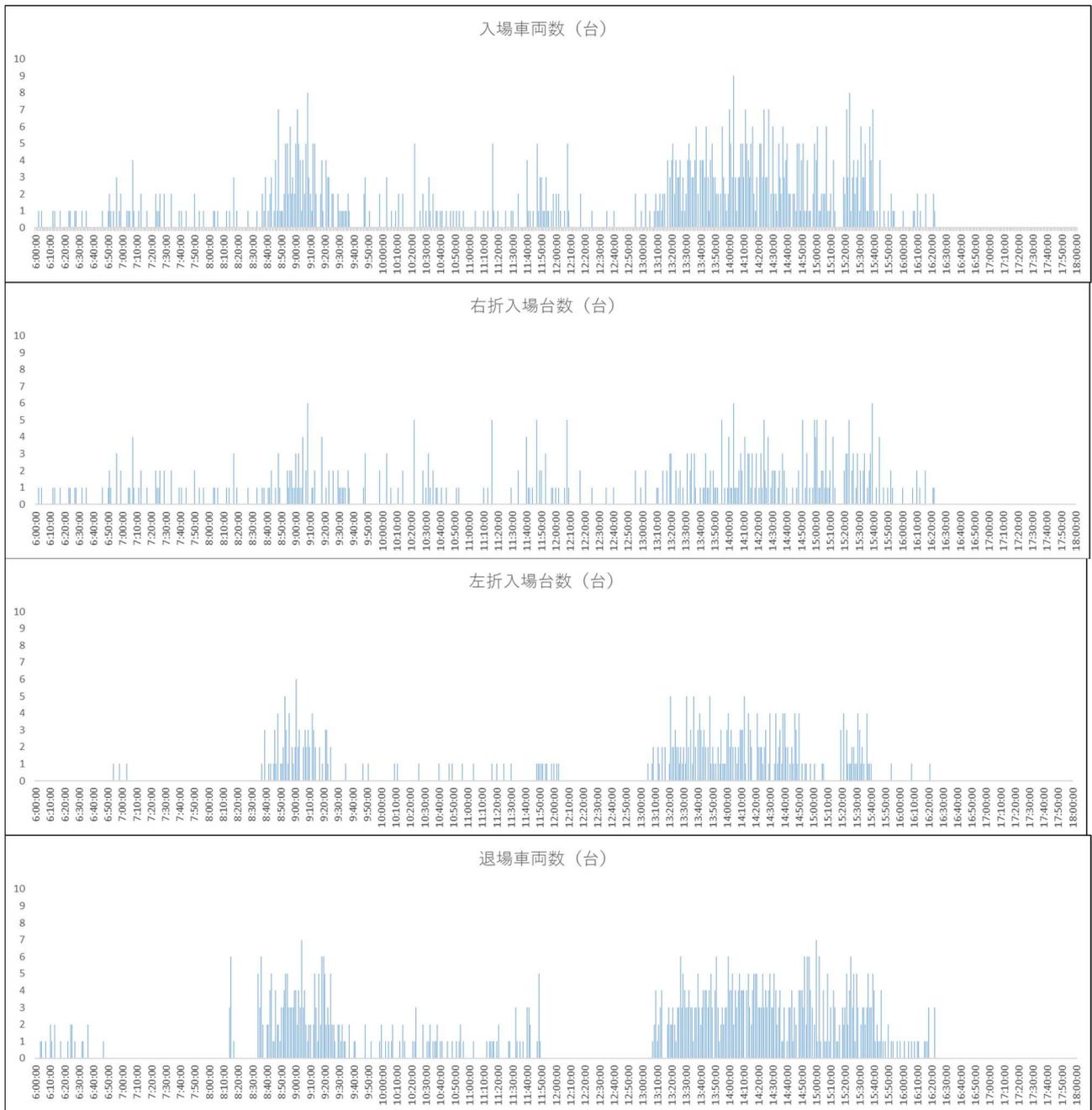


図 4.3-156 2月21日の入退場台数

表 4.3-102 2月21日の入退場台数

種別	台数 (台)
入場台数	794
右折入場台数	442
左折入場台数	352
退場台数	776

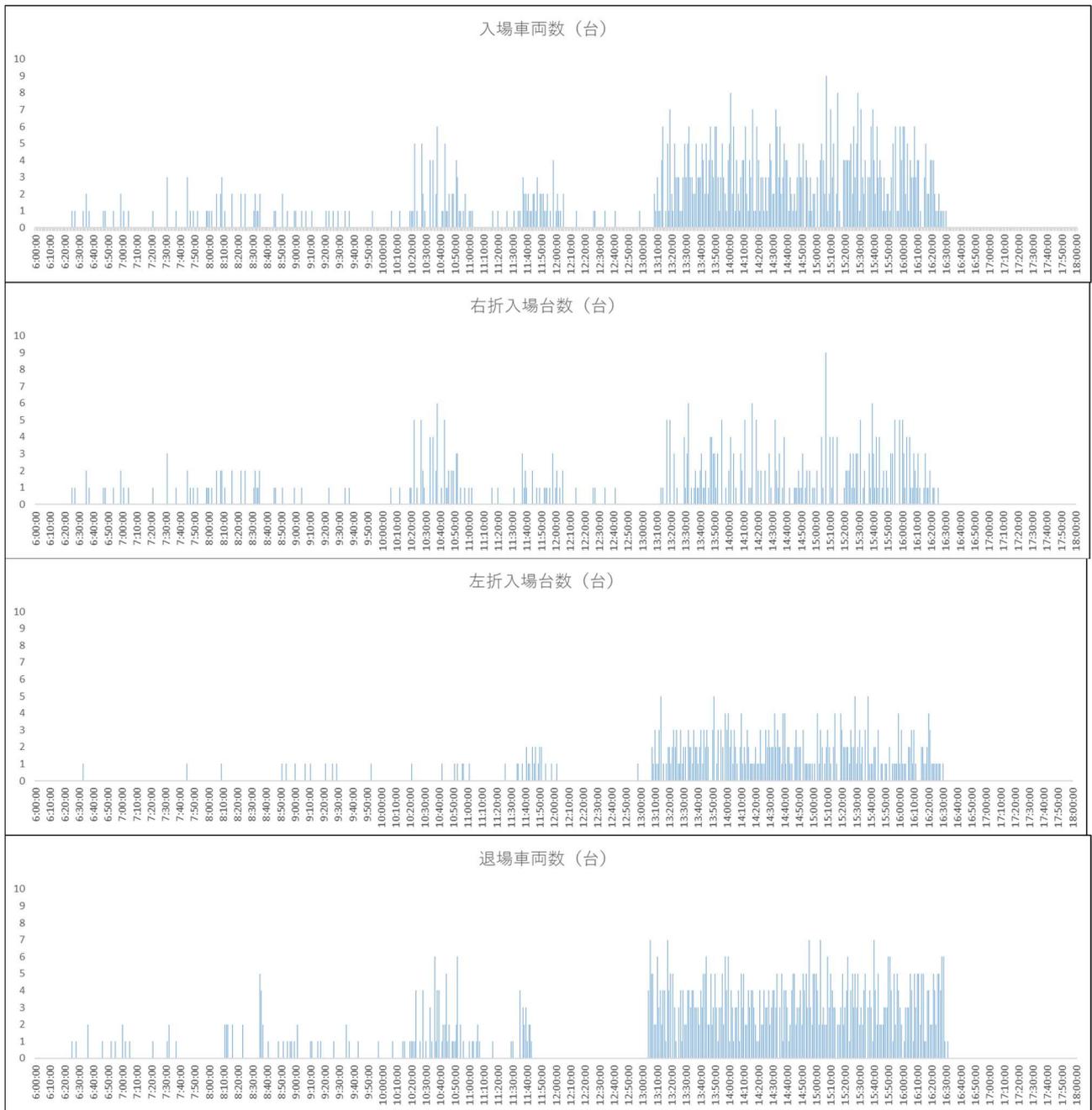


図 4.3-157 2月22日の入退場台数

表 4.3-103 2月22日の入退場台数

種別	台数 (台)
入場台数	820
右折入場台数	434
左折入場台数	386
退場台数	839



図 4.3-158 2月24日の入退場台数

表 4.3-104 2月24日の入退場台数

種別	台数 (台)
入場台数	1349
右折入場台数	693
左折入場台数	656
退場台数	1313

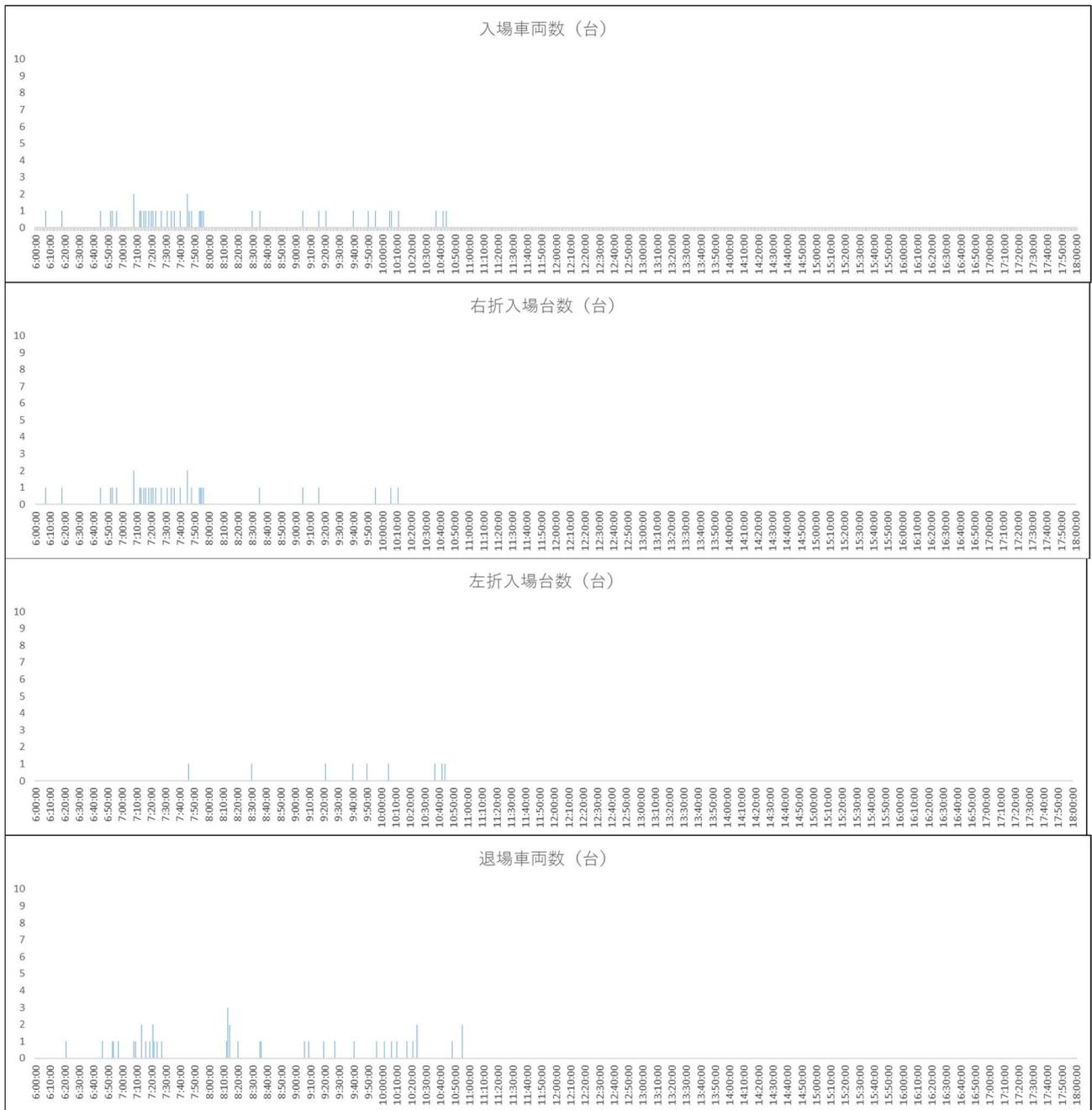


図 4.3-159 2月25日の入退場台数

表 4.3-105 2月25日の入退場台数

種別	台数 (台)
入場台数	43
右折入場台数	34
左折入場台数	9
退場台数	41

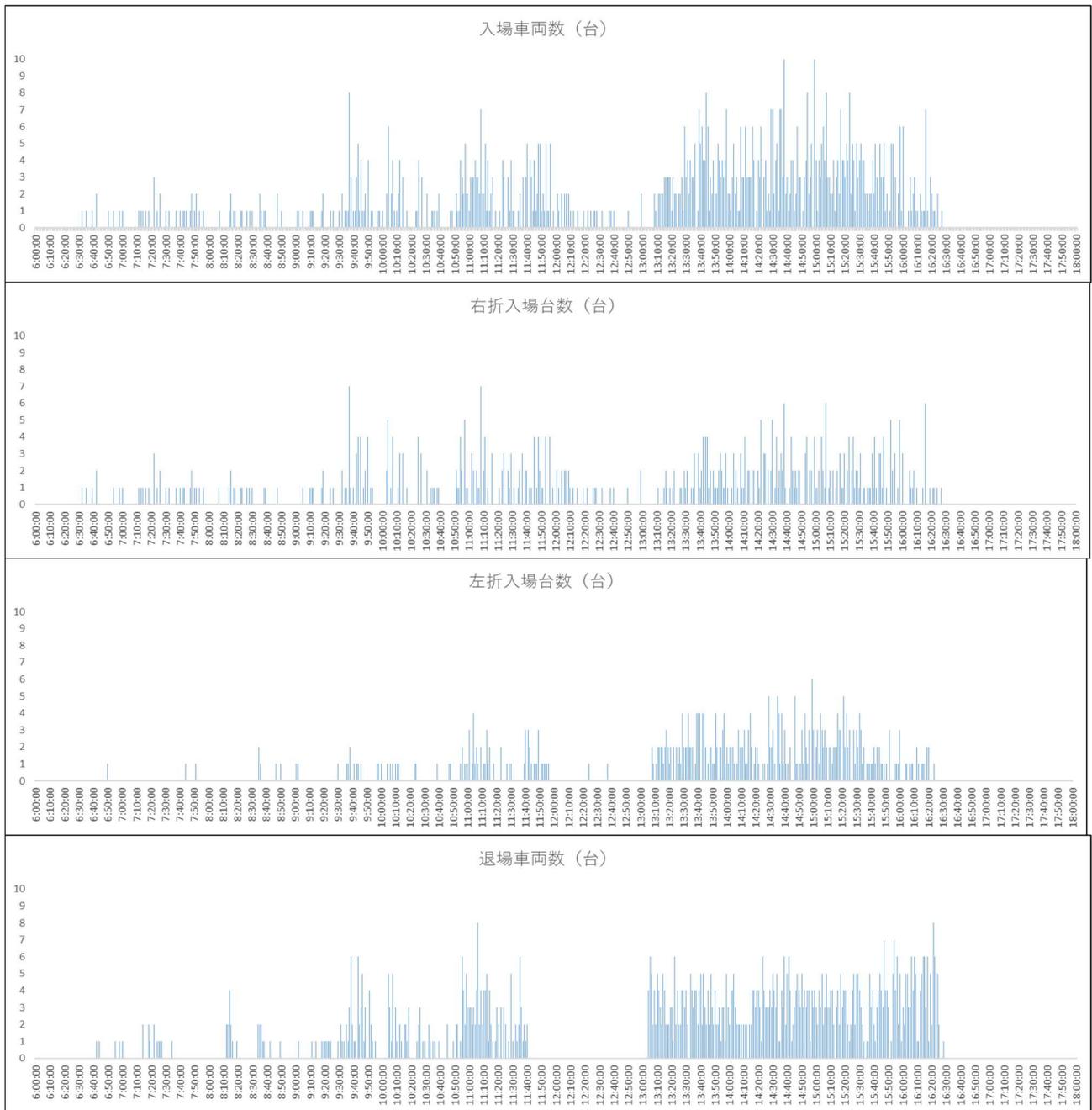


図 4.3-160 2月27日の入退場台数

表 4.3-106 2月27日の入退場台数

種別	台数 (台)
入場台数	928
右折入場台数	512
左折入場台数	416
退場台数	930



図 4.3-161 2月28日の入退場台数

表 4.3-107 2月28日の入退場台数

種別	台数 (台)
入場台数	792
右折入場台数	480
左折入場台数	312
退場台数	792

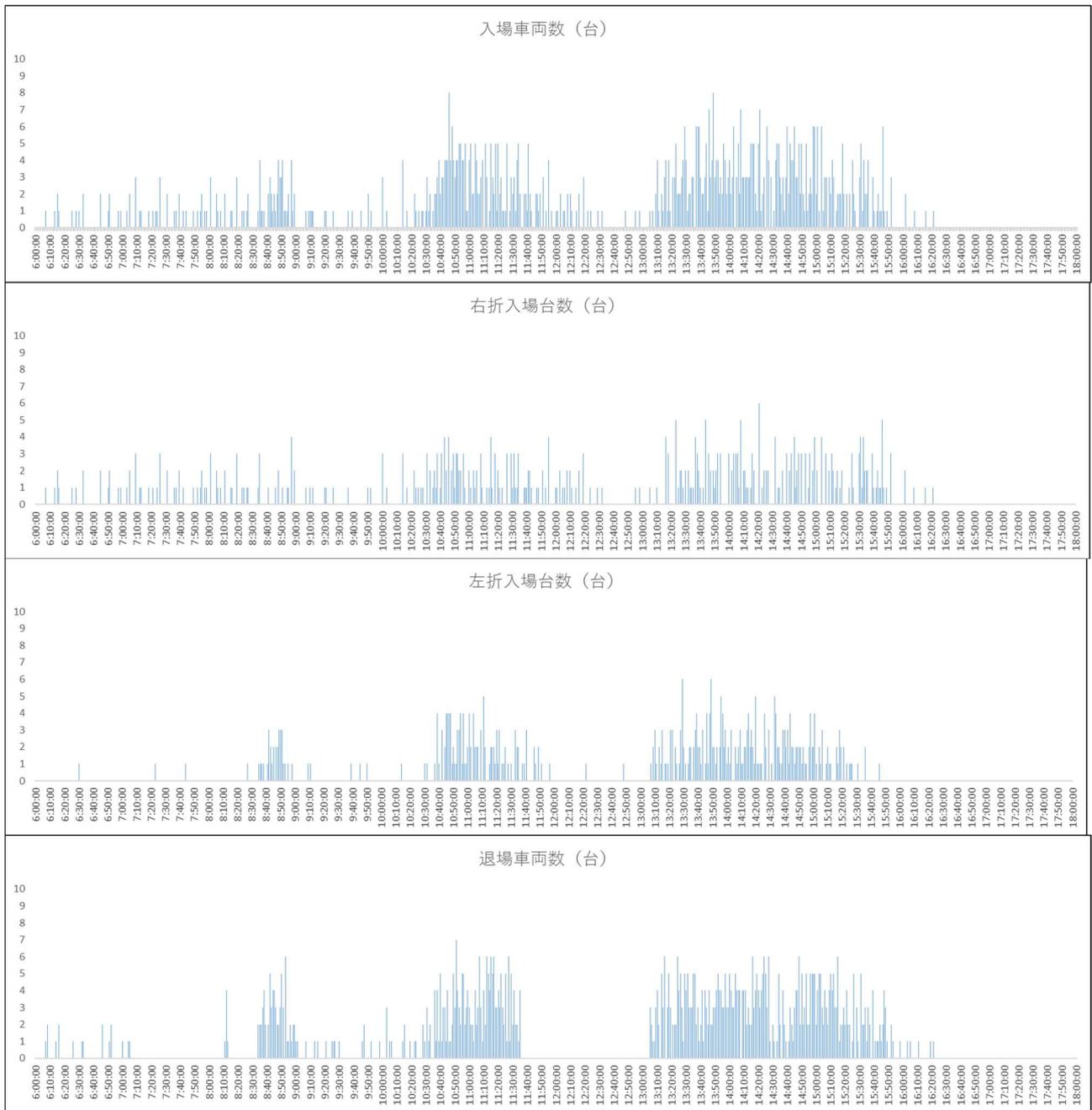


図 4.3-162 3月1日の入退場台数

表 4.3-108 3月1日の入退場台数

種別	台数 (台)
入場台数	851
右折入場台数	443
左折入場台数	408
退場台数	814

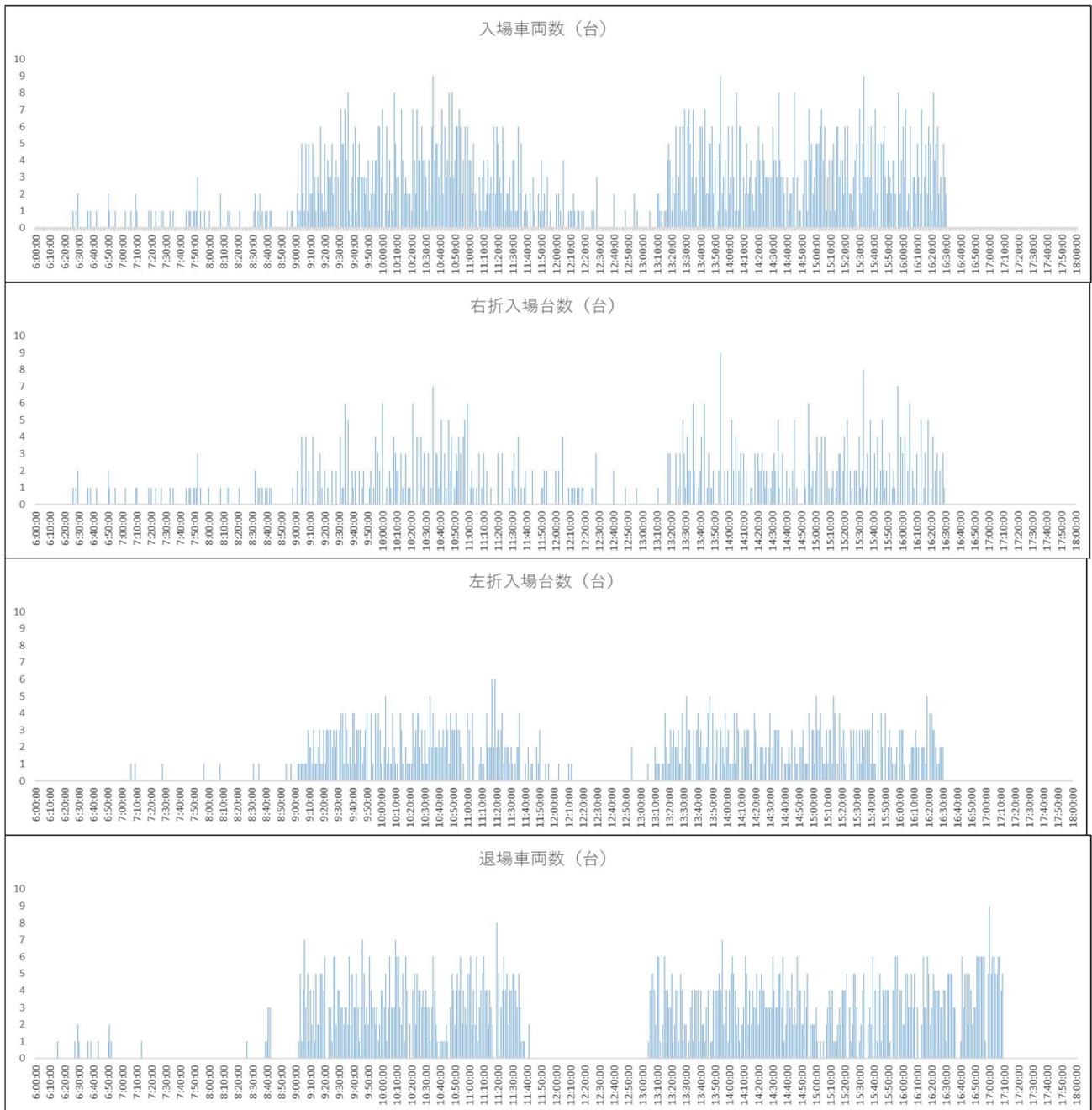


図 4.3-163 3月2日の入退場台数

表 4.3-109 3月2日の入退場台数

種別	台数 (台)
入場台数	1365
右折入場台数	624
左折入場台数	741
退場台数	1334

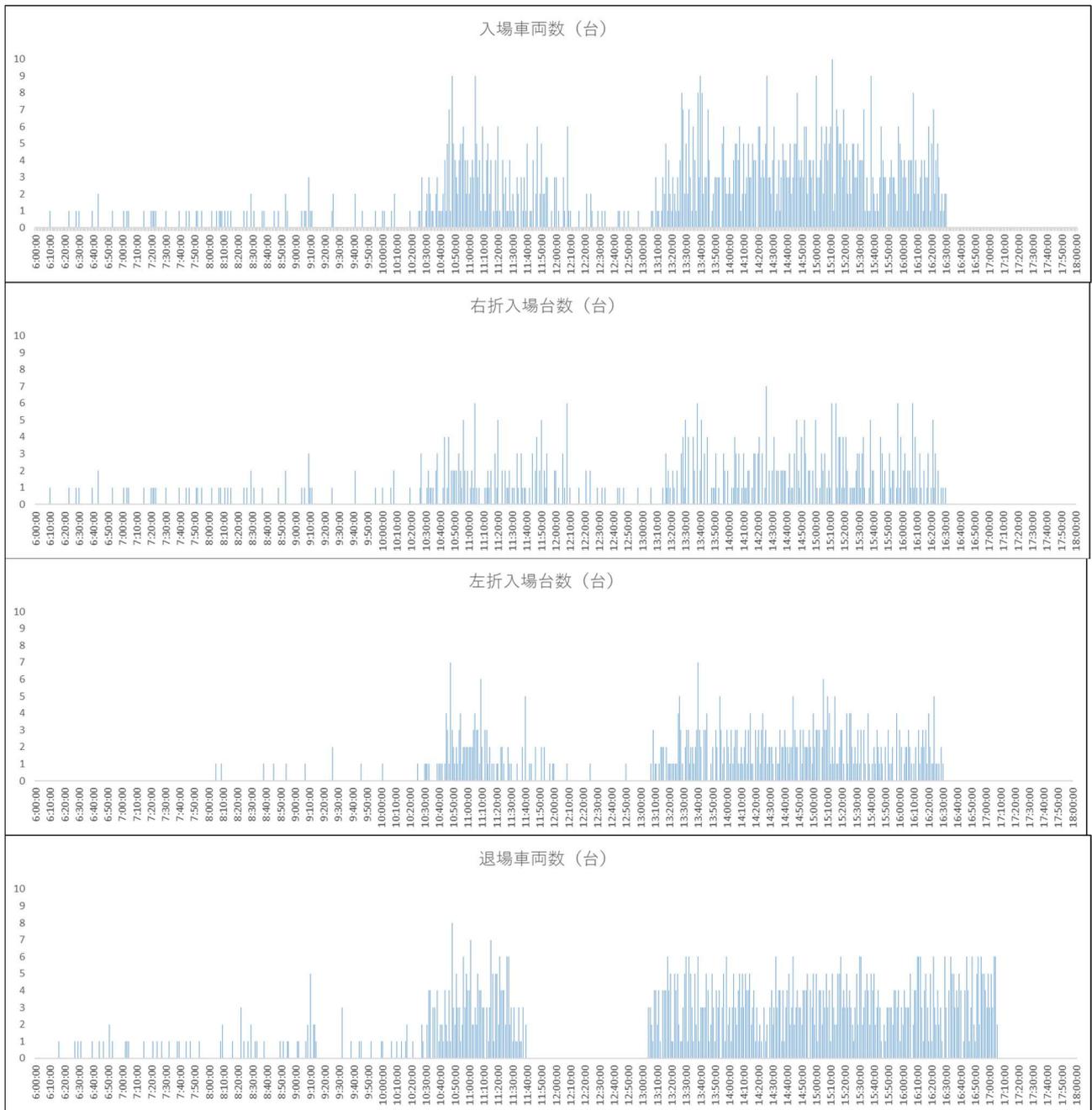


図 4.3-164 3月3日の入退場台数

表 4.3-110 3月3日の入退場台数

種別	台数 (台)
入場台数	1055
右折入場台数	535
左折入場台数	520
退場台数	1073

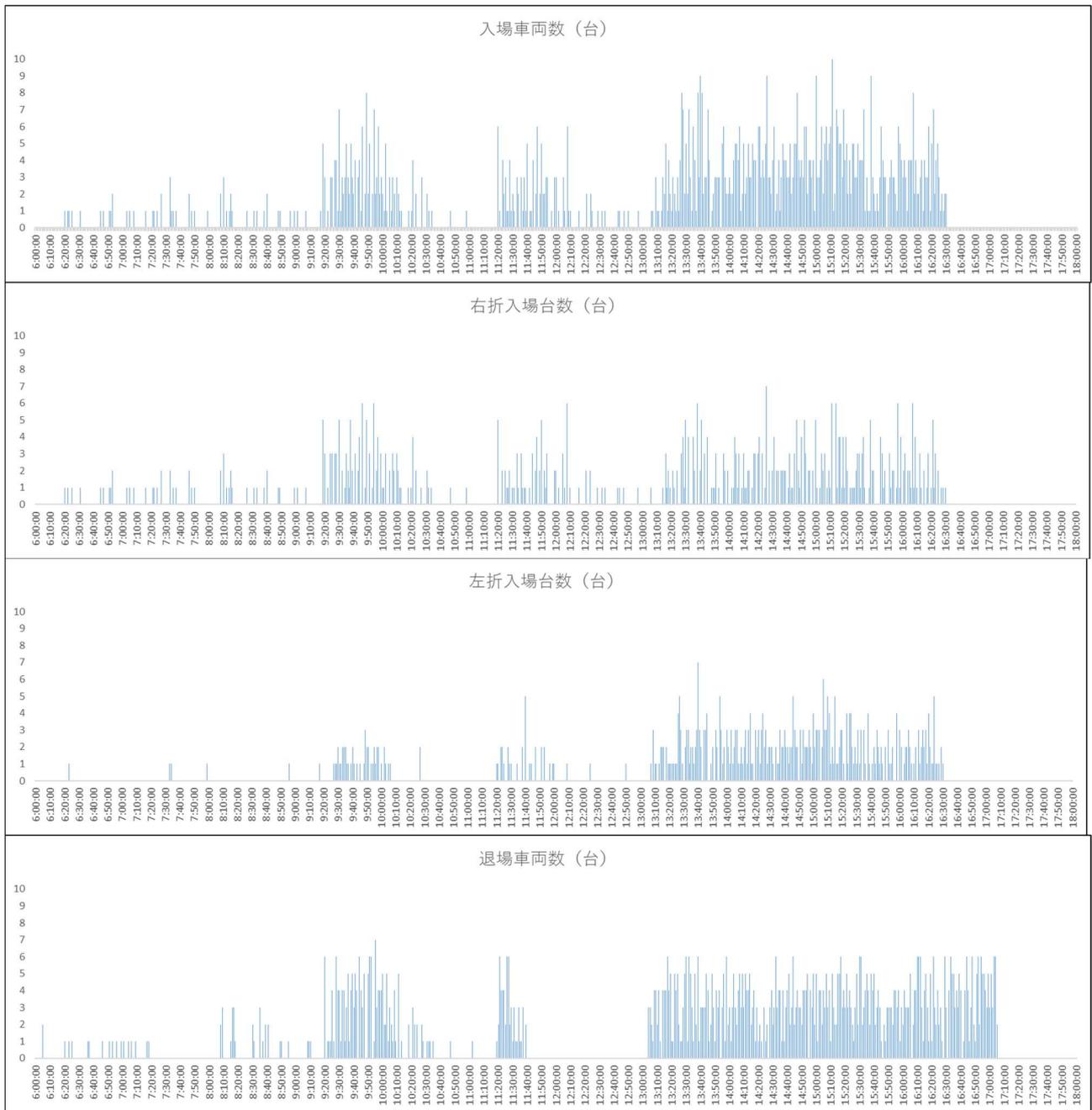


図 4.3-165 3月4日の入退場台数

表 4.3-111 3月4日の入退場台数

種別	台数 (台)
入場台数	1047
右折入場台数	574
左折入場台数	473
退場台数	1071

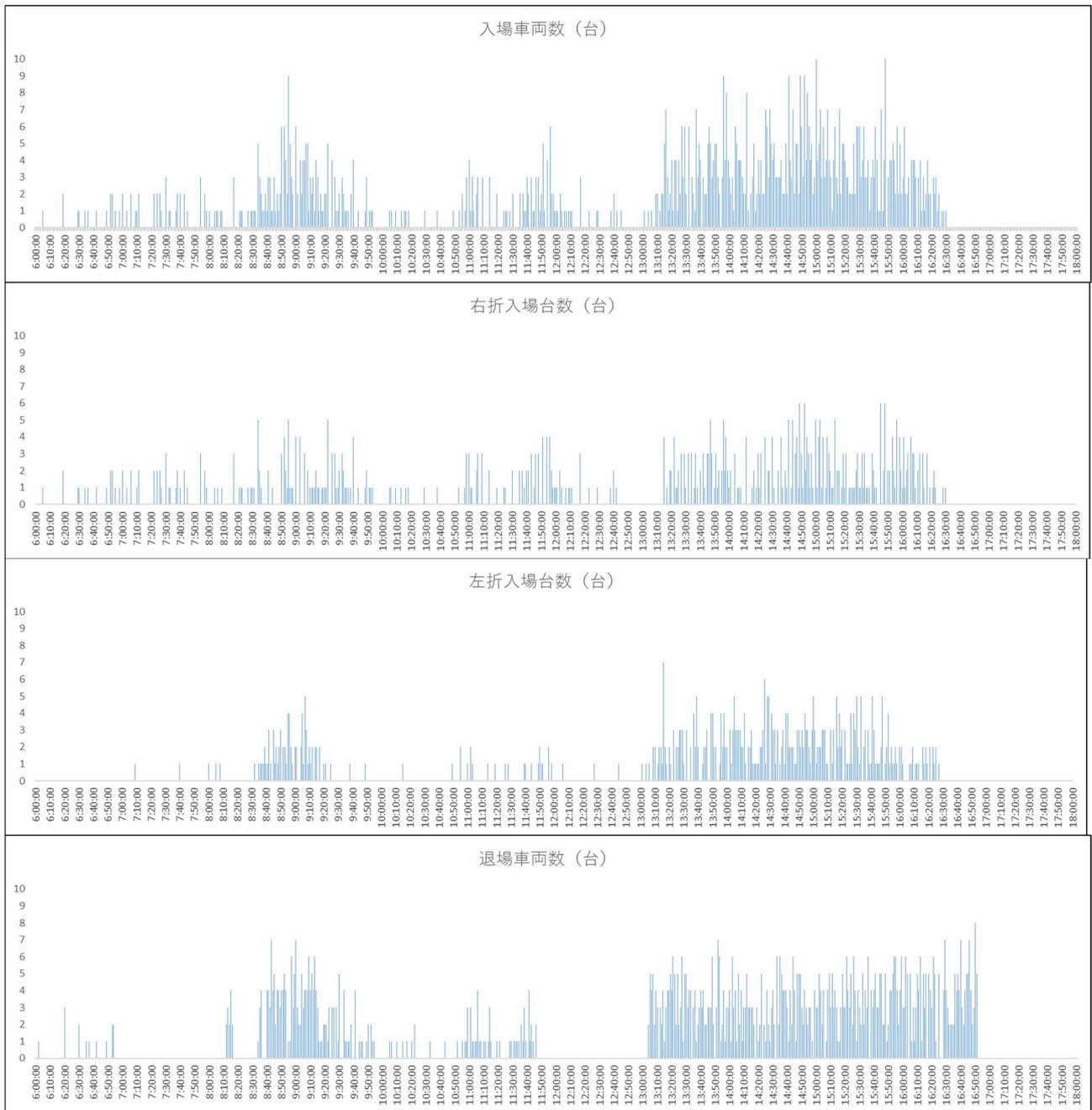


図 4.3-166 3月6日の入退場台数

表 4.3-112 3月6日の入退場台数

種別	台数 (台)
入場台数	1055
右折入場台数	564
左折入場台数	491
退場台数	1044

この取得した台数を用いて、全日程の予測待機時間を導出しました。その結果は以下の表の通りです。

表 4.3-113 2月6日の予測待機時間の誤差

種別	誤差時間
現在の待機場待ち時間(全体)	13分40秒
30分後の待機場待ち時間(全体)	17分58秒
現在の待機場待ち時間(営業時間)	9分20秒
30分後の待機場待ち時間(営業時間)	13分47秒

表 4.3-114 2月7日の予測待機時間の誤差

種別	誤差時間
現在の待機場待ち時間(全体)	10分24秒
30分後の待機場待ち時間(全体)	16分5秒
現在の待機場待ち時間(営業時間)	7分36秒
30分後の待機場待ち時間(営業時間)	14分31秒

表 4.3-115 2月8日の予測待機時間の誤差

種別	誤差時間
現在の待機場待ち時間(全体)	10分7秒
30分後の待機場待ち時間(全体)	16分43秒
現在の待機場待ち時間(営業時間)	3分26秒
30分後の待機場待ち時間(営業時間)	9分18秒

表 4.3-116 2月9日の予測待機時間の誤差

種別	誤差時間
現在の待機場待ち時間(全体)	8分36秒
30分後の待機場待ち時間(全体)	19分9秒
現在の待機場待ち時間(営業時間)	4分18秒
30分後の待機場待ち時間(営業時間)	15分19秒

表 4.3-117 2月10日の予測待機時間の誤差

種別	誤差時間
現在の待機場待ち時間(全体)	11分11秒
30分後の待機場待ち時間(全体)	15分1秒
現在の待機場待ち時間(営業時間)	5分3秒
30分後の待機場待ち時間(営業時間)	9分5秒

表 4.3-118 2月13日の予測待機時間の誤差

種別	誤差時間
現在の待機場待ち時間(全体)	12分48秒
30分後の待機場待ち時間(全体)	17分9秒
現在の待機場待ち時間(営業時間)	6分55秒
30分後の待機場待ち時間(営業時間)	11分29秒

表 4.3-119 2月14日の予測待機時間の誤差

種別	誤差時間
現在の待機場待ち時間(全体)	12分29秒
30分後の待機場待ち時間(全体)	17分46秒
現在の待機場待ち時間(営業時間)	7分43秒
30分後の待機場待ち時間(営業時間)	12分37秒

表 4.3-120 2月15日の予測待機時間の誤差

種別	誤差時間
現在の待機場待ち時間(全体)	13分14秒
30分後の待機場待ち時間(全体)	19分17秒
現在の待機場待ち時間(営業時間)	4分46秒
30分後の待機場待ち時間(営業時間)	9分58秒

表 4.3-121 2月16日の予測待機時間の誤差

種別	誤差時間
現在の待機場待ち時間(全体)	5分51秒
30分後の待機場待ち時間(全体)	12分41秒
現在の待機場待ち時間(営業時間)	3分18秒
30分後の待機場待ち時間(営業時間)	10分7秒

表 4.3-122 2月17日の予測待機時間の誤差

種別	誤差時間
現在の待機場待ち時間(全体)	7分1秒
30分後の待機場待ち時間(全体)	11分36秒
現在の待機場待ち時間(営業時間)	4分54秒
30分後の待機場待ち時間(営業時間)	8分46秒

表 4.3-123 2月18日の予測待機時間の誤差

種別	誤差時間
現在の待機場待ち時間(全体)	4分45秒
30分後の待機場待ち時間(全体)	4分45秒
現在の待機場待ち時間(営業時間)	7分6秒
30分後の待機場待ち時間(営業時間)	6分15秒

表 4.3-124 2月20日の予測待機時間の誤差

種別	誤差時間
現在の待機場待ち時間(全体)	11分10秒
30分後の待機場待ち時間(全体)	13分58秒
現在の待機場待ち時間(営業時間)	4分27秒
30分後の待機場待ち時間(営業時間)	6分35秒

表 4.3-125 2月21日の予測待機時間の誤差

種別	誤差時間
現在の待機場待ち時間(全体)	8分11秒
30分後の待機場待ち時間(全体)	11分23秒
現在の待機場待ち時間(営業時間)	4分9秒
30分後の待機場待ち時間(営業時間)	6分42秒

表 4.3-126 2月22日の予測待機時間の誤差

種別	誤差時間
現在の待機場待ち時間(全体)	4分27秒
30分後の待機場待ち時間(全体)	8分53秒
現在の待機場待ち時間(営業時間)	4分20秒
30分後の待機場待ち時間(営業時間)	9分10秒

表 4.3-127 2月24日の予測待機時間の誤差

種別	誤差時間
現在の待機場待ち時間(全体)	5分7秒
30分後の待機場待ち時間(全体)	11分51秒
現在の待機場待ち時間(営業時間)	4分23秒
30分後の待機場待ち時間(営業時間)	11分43秒

表 4.3-128 2月25日の予測待機時間の誤差

種別	誤差時間
現在の待機場待ち時間(全体)	9分28秒
30分後の待機場待ち時間(全体)	9分40秒
現在の待機場待ち時間(営業時間)	9分20秒
30分後の待機場待ち時間(営業時間)	10分9秒

表 4.3-129 2月27日の予測待機時間の誤差

種別	誤差時間
現在の待機場待ち時間(全体)	5分41秒
30分後の待機場待ち時間(全体)	9分34秒
現在の待機場待ち時間(営業時間)	5分28秒
30分後の待機場待ち時間(営業時間)	9分45秒

表 4.3-130 2月28日の予測待機時間の誤差

種別	誤差時間
現在の待機場待ち時間(全体)	4分37秒
30分後の待機場待ち時間(全体)	9分10秒
現在の待機場待ち時間(営業時間)	4分24秒
30分後の待機場待ち時間(営業時間)	9分24秒

表 4.3-131 3月1日の予測待機時間の誤差

種別	誤差時間
現在の待機場待ち時間(全体)	5分16秒
30分後の待機場待ち時間(全体)	11分5秒
現在の待機場待ち時間(営業時間)	3分46秒
30分後の待機場待ち時間(営業時間)	9分45秒

表 4.3-132 3月2日の予測待機時間の誤差

種別	誤差時間
現在の待機場待ち時間(全体)	7分22秒
30分後の待機場待ち時間(全体)	13分30秒
現在の待機場待ち時間(営業時間)	5分57秒
30分後の待機場待ち時間(営業時間)	12分12秒

表 4.3-133 3月3日の予測待機時間の誤差

種別	誤差時間
現在の待機場待ち時間(全体)	5分38秒
30分後の待機場待ち時間(全体)	8分44秒
現在の待機場待ち時間(営業時間)	5分56秒
30分後の待機場待ち時間(営業時間)	9分16秒

表 4.3-134 3月4日の予測待機時間の誤差

種別	誤差時間
現在の待機場待ち時間(全体)	10分29秒
30分後の待機場待ち時間(全体)	10分21秒
現在の待機場待ち時間(営業時間)	10分9秒
30分後の待機場待ち時間(営業時間)	9分58秒

表 4.3-135 3月6日の予測待機時間の誤差

種別	誤差時間
現在の待機場待ち時間(全体)	12分16秒
30分後の待機場待ち時間(全体)	16分58秒
現在の待機場待ち時間(営業時間)	8分12秒
30分後の待機場待ち時間(営業時間)	14分53秒

以下はポータルサイト公開後全日程(23営業日)における予測待機時間の誤差平均の結果です。

表 4.3-136 ポータルサイト公開後全日程の予測待機時間の誤差の平均

種別	誤差時間
現在の待機場待ち時間(全体)	9分26秒
30分後の待機場待ち時間(全体)	13分56秒
現在の待機場待ち時間(営業時間)	6分39秒
30分後の待機場待ち時間(営業時間)	11分12秒

上記より、ポータルサイト公開前後合わせた実証期間全体でのポータルサイトの予測待機時間と実際の待機時間の誤差は以下の表の通りとなりました。

表 4.3-137 全日程の予測待機時間の誤差の平均

種別	誤差時間
現在の待機場待ち時間(全体)	9分49秒
30分後の待機場待ち時間(全体)	13分44秒
現在の待機場待ち時間(営業時間)	7分49秒
30分後の待機場待ち時間(営業時間)	11分43秒

上記の誤差が発生した原因は、ポータルサイト公開前の誤差の原因と同様の原因である「C10

ゲートの処理速度（退場間隔）」や「30分後の待機台数計算式」、「C10ゲートへの入場待機目的以外での待機場の利用」等が考えられます。

<Ⅲ-4：サイト閲覧カウンター、アンケートの実施により、行動変容の裏付け調査を実施>

○評価：アンケート結果

アンケート結果は以下の通りです。

[1] 回答者の年齢

(選択肢：ラジオボタン)

- ・ 29歳以下
- ・ 30歳～39歳
- ・ 40歳～49歳
- ・ 50歳～59歳
- ・ 60歳以上

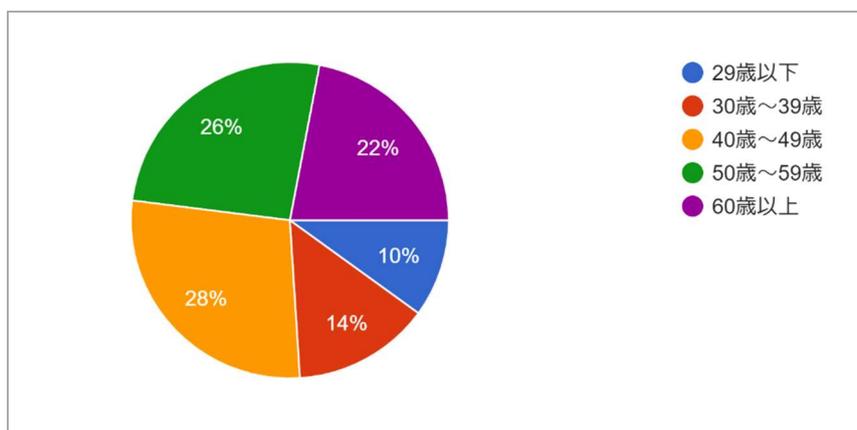


図 4.3-167 アンケート結果(n=50)

回答者の年齢は40歳代の割合(28%)が最も高く、次いで50歳代の割合(26%)が高いということが分かりました。このことから40歳以上の割合が全体の75%を占めており、トレーラー待機場を利用するドライバーの平均年齢が高いことが分かりました。

[2] 所属役割

(選択肢：ラジオボタン)

- ・ ドライバー
- ・ 配車担当者

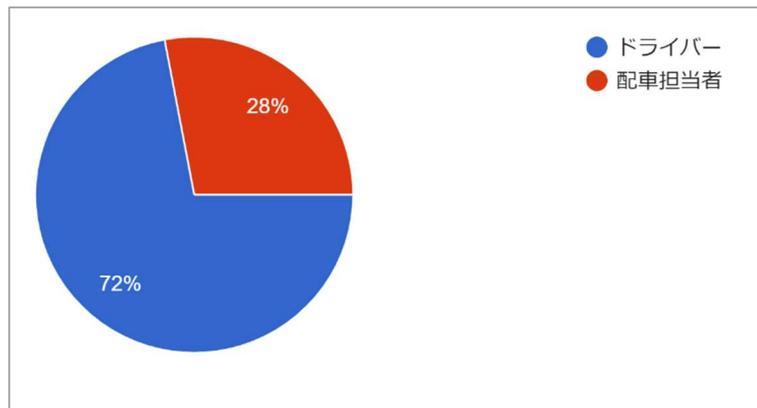


図 4.3-168 アンケート結果(n=50)

回答者の約7割以上がドライバーであり、約3割が配車担当者による回答でした。

今回の実証においては、ポータルサイトの利用はドライバーに偏った利用となっていた可能性が考えられます。

[3] あなたは事前に混雑状況が分かれば、空いている時間に予定を変更しますか

(選択肢：ラジオボタン)

- ・ 変更する
- ・ 変更しない
- ・ 分からない

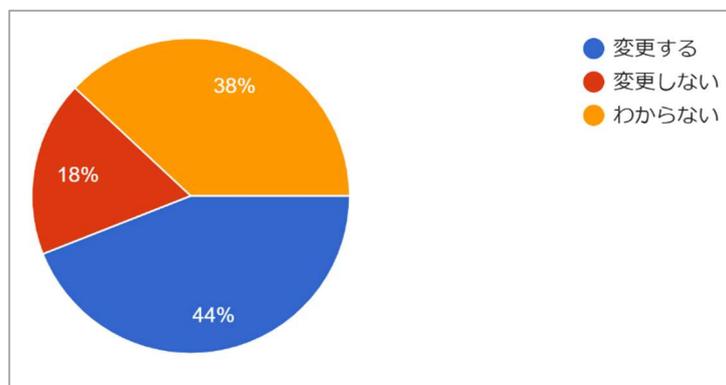


図 4.3-169 アンケート結果(n=50)

44%の回答者が、事前に混雑状況が把握できれば空いている時間に予定を変更すると回答しており、昨年に引き続き混雑状況の可視化による行動変容の可能性は一定率以上あることが考えられます。

[4] 当該サイトはどのくらいの頻度で閲覧しましたか

(選択肢：ラジオボタン)

- ・ 常時
- ・ 1時間に1回以上

- ・半日に1回
- ・1日に1回
- ・数日に1回
- ・見ていない

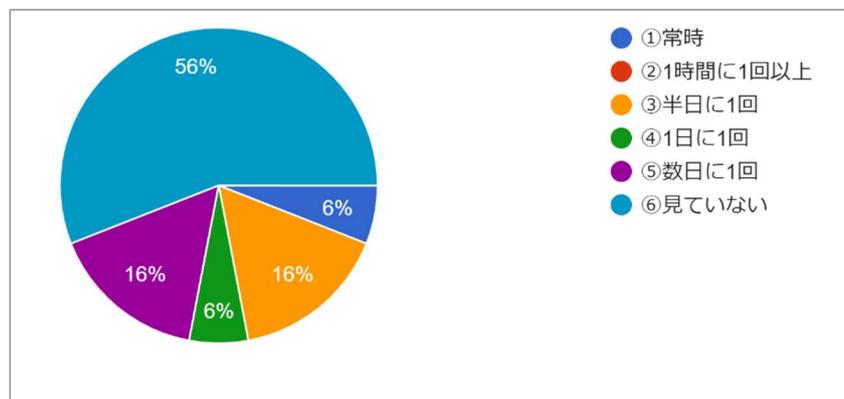


図 4.3-170 アンケート結果(n=50)

44%の回答者がポータルサイトを閲覧していることが明らかとなりました。その閲覧頻度は「数日に1回」及び「半日に1回」の方が多く、閲覧頻度についてはばらつきがありました。

[5] ポータルサイトを利用したタイミングはいつでしたか

(自由記述) アンケート結果：n=7

「ピック前」

「待機時間/待機中」

「配車指示直後」

「昼休み」

ポータルサイトの利用タイミングについて7名から回答を得た。「待機中」や「昼休み」に閲覧した方が複数名いらしたが、自由記述回答で回答者数が非常に少なかったため、利用タイミングに関する明確な傾向は得られなかった。

[6] 設問「[4]」で①～⑤を選択した場合、当該サイトをもとに引取り作業の予定を変更したことがありましたか？

(選択肢：ラジオボタン)

- ・変更したことがある
- ・変更していない

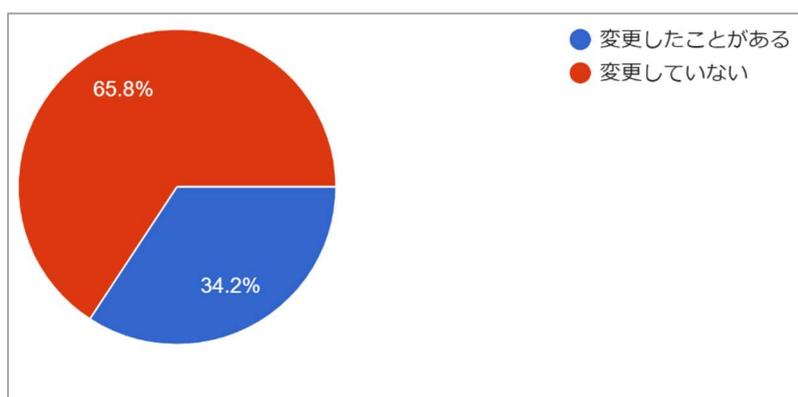


図 4.3-171 アンケート結果(n=38)

ポータルサイトの閲覧者のうち、34%の方が引取り作業の予定を変更したという結果となりました。待ち時間に応じて元々予定していた引取り時間を変更し、より待ち時間の少ない時間に引取りを行ったと考えられます。

[7] 設問“[6]”で「変更したことがある」と回答した方にお伺い致します。

当該サイトを利用した引取り作業のうちどのくらい作業の予定を変更しましたか？

記載例：30回のうち1回

(自由記述) アンケート結果：n=4

「1割」

「2割程度」

「5割」

引取り時間の変更頻度は「5割程度」が2件、「2割程度」、「1割程度」がそれぞれ1件の回答でした。自由記述の回答で回答者数が少なかったため、変更頻度に関する明確な傾向は得られませんでした。

[8] 設問“[6]”で「変更したことがある」と回答した方にお伺い致します。

どの情報をもとに作業予定を変更しましたか？(複数回答可)

(選択肢：チェックボックス)

- ・ 30分前の待機場待ち時間
- ・ 現在の待機場待ち時間
- ・ 30分後の待機場待ち時間

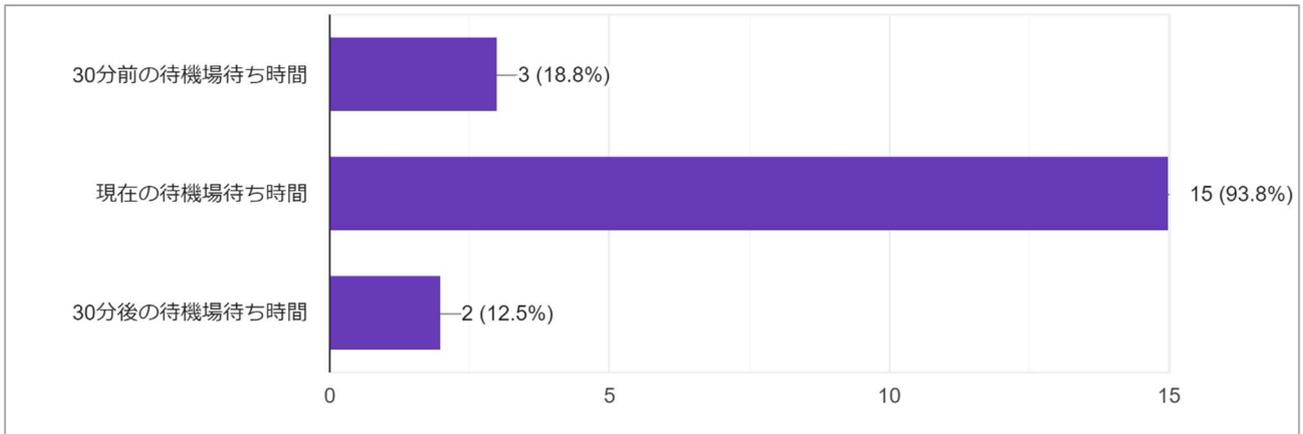


図 4.3-172 アンケート結果(n=16)

引取り時間を変更した方が参照した情報は、「現在の待機場待ち時間」が約94%にのびりました。現状の待ち時間は予測が含まれない情報であり、精度が比較的高いため、利用割合が高いと考えられました。一方「30分前の待機場待ち時間」の情報や「30分後の待機場待ち時間」を利用した方の割合は1~2割程度に留まりました。回答者の属性を確認すると、配車担当者はどの情報も同程度の割合でしたが、ドライバーは全員「現在の待機場待ち時間」のみを参考としていたことが分かりました。このことから配車担当者とドライバーでは求められている情報の質が異なることが確認できました。

[9] 設問“[6]”で「変更したことがある」と回答した方にお伺い致します。
 概ね何分程度の「待ち時間」の場合に引取り作業の予定を変更しましたか？
 (選択肢：ラジオボタン)

- ・ ~10分
- ・ ~20分
- ・ ~30分
- ・ ~40分
- ・ ~50分
- ・ それ以上

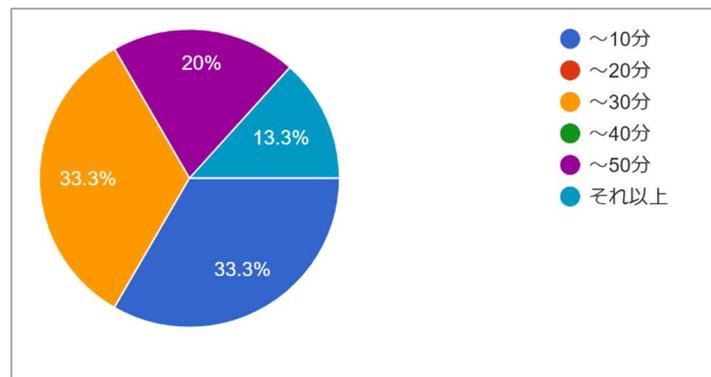


図 4.3-173 アンケート結果(n=15)

引取り作業を変更する際の待ち時間は「～10分」及び「～30分」の割合が高く、次いで「～50分」の割合が高い結果となりました。待ち時間が短いため「他作業から DICT の引取り作業変更した」場合と、待ち時間が長いため「DICT の引取り作業から他作業へ変更した」場合の双方から回答が得られたことで、回答にばらつきが出たと考えられます。

[10] 「現在の待機場待ち時間」の表示は正しいと感じましたか

(選択肢：ラジオボタン)

- ・とてもそう思う
- ・そう思う
- ・あまり思わない
- ・思わない
- ・分からない

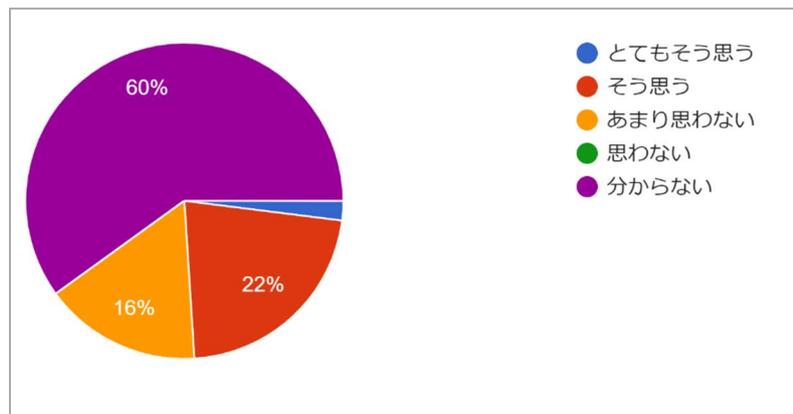


図 4.3-174 アンケート結果(n=50)

「現在の待機場待ち時間」の正確性について、60%の方は「分からない」という回答でした。また、「とてもそう思う」「そう思う」と回答した方が約 25%弱であり、「あまり思わない」と回答した方の割合を上回りました。実証期間の短い時間では利用者がポータルサイトの表示時間の精度を確認できるまでには至らなかったと考えられます。

[11] 「30分後の待機場待ち時間」の表示は正しいと感じましたか

(選択肢：ラジオボタン)

- ・とてもそう思う
- ・そう思う
- ・あまり思わない
- ・思わない
- ・分からない

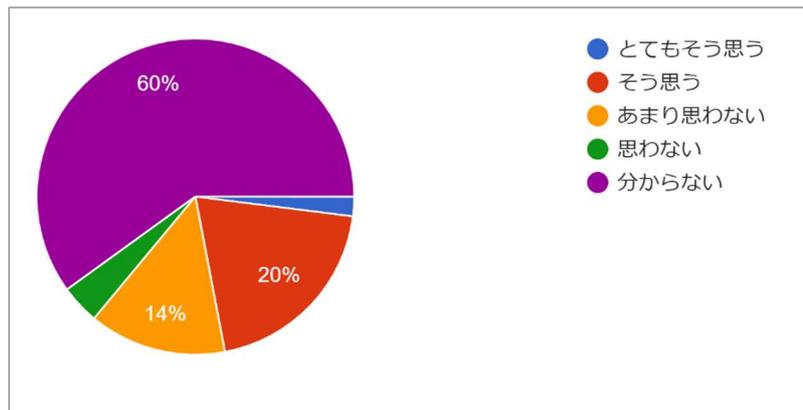


図 4.3-175 アンケート結果(n=50)

「30分後の待機場待ち時間」の正確性についても同様に、60%の方は「分からない」という回答でした。また、「とてもそう思う」「そう思う」と回答した方が約25%弱であり、「あまり思わない」と回答した方を上回りました。多数の人が前項目と同様に精度を確認できるまでに至らなかった可能性が考えられます。

[12] 「30分前の待機場待ち時間」「現在の待機場待ち時間」「30分後の待機場待ち時間」のうち最も有用な情報はどれですか

(選択肢：ラジオボタン)

- ・ 30分前の待機場待ち時間
- ・ 現在の待機場待ち時間
- ・ 30分後の待機場待ち時間

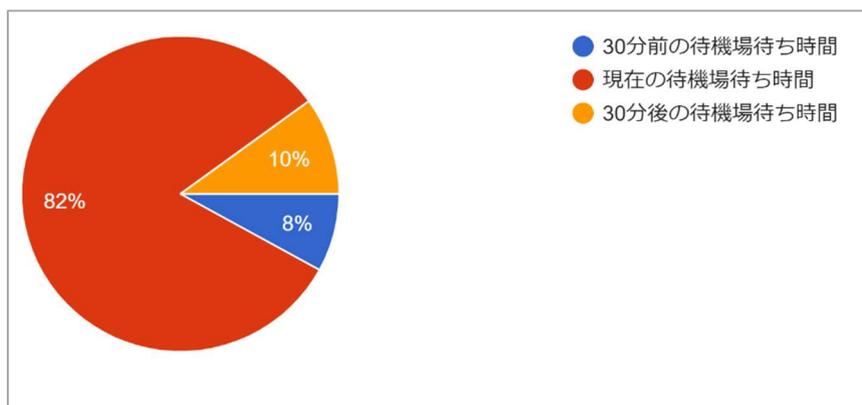


図 4.3-176 アンケート結果(n=50)

最も重要な情報について、82%の方が「現在の待機場待ち時間」と回答していました。また、30分後の待ち時間の情報が最も有用と回答した方が1割程度存在した。所属別で見ると配車担当者よりも、ドライバーの方がより強く「現在の待機場待ち時間」が重要だという傾向が見られました。このことから現段階においては、現在の待ち時間を確認して直後の行動を変容することを利用して可能性が考えられます。未来の予測待機時間を利用した、1日または半日に渡る

行動変容には至らなかった可能性が考えられます。最も重要な情報について、82%の方が「現在の待機場待ち時間」と回答した。また、30分後の待ち時間の情報が最も有用と回答した方が1割程度存在した。

[13] 今後もサイトで表示があると良いと思うものはどれですか？（複数選択可）

（選択肢：チェックボックス）

- ・ 30分前の待機場待ち時間
- ・ 現在の待機場待ち時間
- ・ 30分後の待機場待ち時間
- ・ その他
- ・ サイト自体不要

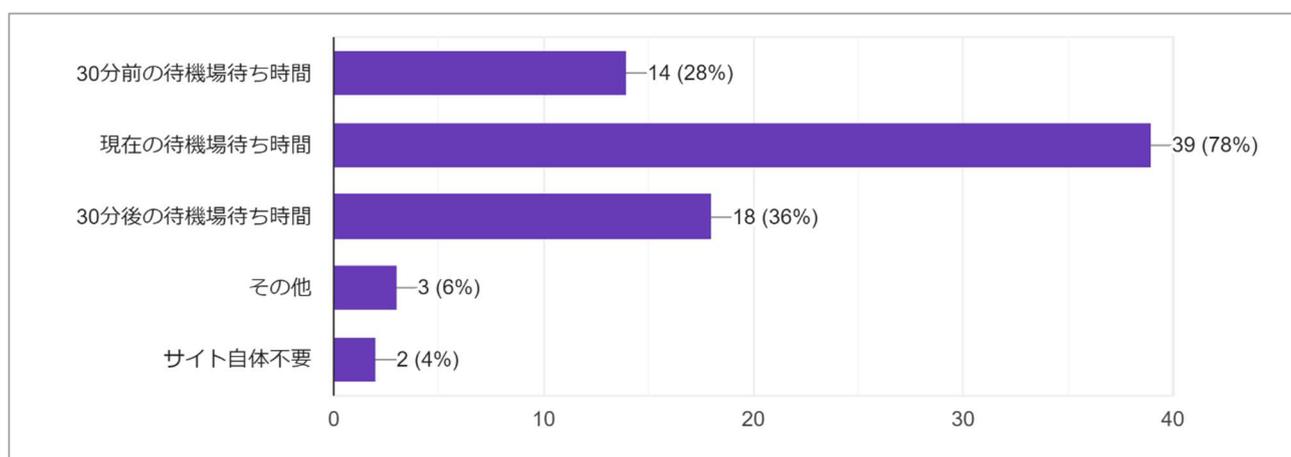


図 4.3-177 アンケート結果(n=50)

今後もサイト表示があると良い情報として、「現在の待機場待ち時間」と回答した方の割合が78%で最も高くなりました。また、36%の方が「30分後の待機場待ち時間」もサイトに表示があると良いと回答しており、今後のサイトの利用という目線においては未来の予測待機時間も参考に行動計画を立てる可能性が示唆されたと考えられます。

[14] 設問「[13]」で「その他」を選択した方にお伺いします。

「その他」の具体的な内容を記載してください。

（自由記述）アンケート結果：n=5

「搬入も返バンも」

「そもそも待ち時間が長すぎる」

「空ンの状況」

「渋滞画像マップ」

「現時点の当日ブッキング数に対するピック済のパーセント」

今回のトレーラー待機場 (DICT 引取) の待ち時間だけでなく、別の待機列に対しても同様のサービスを希望されているということが分かりました。拡充したサービスを利用される方による混雑緩和も期待されます。よって今回の実証を踏まえて、DICT 内の様々な待ち時間を可視化することで利用者の行動を効率化することにつながると考えられます。

[15] 他ターミナルの情報があれば知りたいですか

(選択肢：ラジオボタン)

- ・とてもそう思う
- ・そう思う
- ・あまり思わない
- ・思わない
- ・分からない

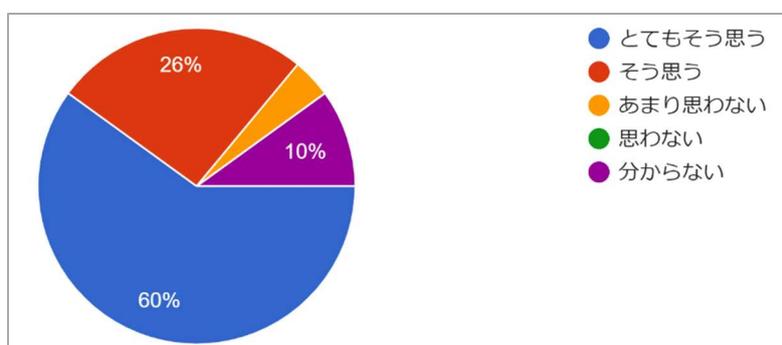


図 4.3-178 アンケート結果(n=50)

「他ターミナルの情報を知りたいか」について、86%の方が「とてもそう思う」または「そう思う」と回答しており、他ターミナルの情報へのニーズは高い結果となりました。DICT 内の混雑状況の可視化の拡充だけでなく、他ターミナルへの展開により利用者の行動の効率化が期待されます。

[16] 今後も利用したいですか

(選択肢：ラジオボタン)

- ・利用したい
- ・予測精度が向上すれば利用したい
- ・利用しない

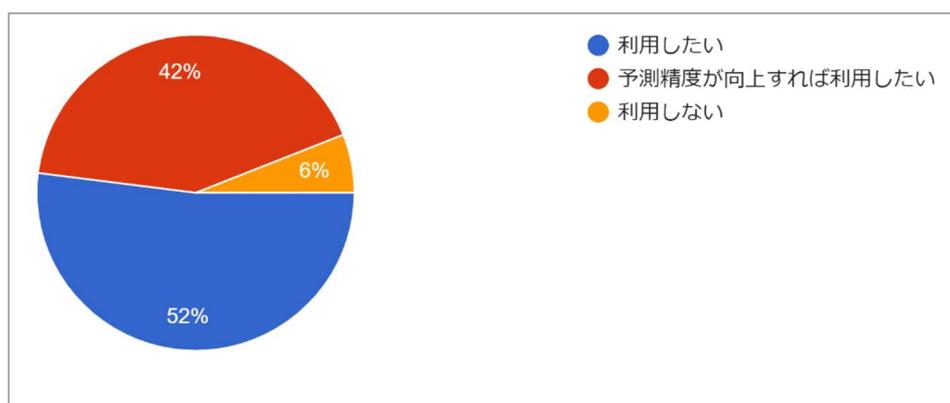


図 4.3-179 アンケート結果(n=50)

「今後も利用したいか」について、「利用したい」と回答した人が52%、「予測精度が向上すれば回答したい」人も42%の回答が得られました。これにより本ポータルサイトは予測精度が向上すれば90%以上の方が本サイトを利用する可能性があることが示唆されました。

[19] ポータルサイトについて、改善点があれば記載をお願い致します。

(自由記述) アンケート結果：n=4

- この度は便利なアイデアを有難うございます。完全にIT化にして、円滑な作業を全体ですべきだと思います。またアプリかして課金でも良いと感じます。またヤード内の方も大変な中作業して本船など忙しいと感じます。ただ極論なりますが、仕事を請け負う側では、ヤードが全てとなります。またコンテナが多い場合はヤードの対応も大変かと思いますが、幅広い対応をお願いしたいです。もっと無駄をなくし、クリーンなコンテナ業界※南港を引っ張ってください、宜しくお願い致します
- カメラがあれば、なお良い。
- 空バン返却の時間の方が知りたいと思います。ピックアップはしなければならないので、並びの多さによって変更することは少ないと思われます。
- 多くのドライバーは都度、配車の指示を受けて走っているため、配車担当者のヒアリングに重点を置いて運用を検討してもらいたい。

<Ⅲ-5 可視化前後での差分を分析、評価>

以下の各項目について、使用データの詳細と分析結果は以下の通りです。

◇使用データ

本項目で分析に使用したデータは以下の表の通りです。

表 4.3-138 使用データ一覧

データ名	説明	対象期間
カメラデータ	車番認証システムから受信した車両情報	2022/12/16 ~ 2023/03/06
寄港データ	港湾の対象エリアに入港したコンテナ船の揚積実績	2022/12/16 ~ 2023/02/04
アクセスデータ	ポータルサイトへのアクセスログ	2023/02/03 ~ 2023/03/06
アンケートデータ	配車担当者向けポータルサイト上のアンケート回答情報	2023/02/03 ~ 2023/03/06

● カメラデータ

カメラデータに含まれる項目についての説明と、使用の有無は以下の表の通りです。

表 4.3-139 カメラデータ項目一覧

データ項目	型	説明	使用
carg_desc	文字列	車番情報：最大 256 文字	×
carg_rf	数値	登録フラグ：1=登録 0=未登録	×
ndat_acno	数値	発報条件番号：1 ~ 9999	×
ndat_gtno	数値	ゲート番号：1 ~ 9999	○
ndat_nidx	数値	データ識別子：1 ~ 2 ³² -1	×
ndat_rctm	文字列	認識日時(日本標準時)：yyyy-MM-dd HH:mm:ss.fff	○
numb_area	文字列	陸運支局名：1~ 5 文字 認識失敗時 … ” ?”	○
numb_clas	文字列	分類番号：1 ~ 3 文字 認識失敗時 … ” ?”	○
numb_kana	文字列	かな文字：1 文字 認識失敗時 … ” ?”	○
numb_seq	文字列	一連番号：4 文字 3 文字以下の場合には先頭から 0 埋め 認識失敗時 … “???”	○
PATB_jf	数値	事業用フラグ：1=事業用 0=普通	×
PATB_kf	数値	軽自動車フラグ：1=軽自動車 0=普通	×
PATB_sf	数値	大板フラグ：1=大板 0=中板	○

本実証作業で分析対象となるカメラデータは下記の条件を満たすもののみとなります。

① 大型の牽引車であること

本実証作業の対象となる大型の牽引車は次の条件で判別することができます

- ・ 分類番号が 1 から始まる
- ・ 大板フラグが 1

② 適切なゲート番号であること

本実証作業にて設置されたカメラは入退場ゲートそれぞれに 2 台ですが、退場ゲートに設置されたカメラ 2 台についてはダブルカウントを防ぐ目的で同じゲート番号が割当てられている(*)

適切なゲート番号は次の通りです。

- ・ ゲート番号：1, 2, 3

*入場：1, 2、退場：3

● 寄港データ

寄港データのうち、待機時間に関係する可能性のある、入港日・揚本数・積本数のみを使用し、使用する項目の説明は以下の表の通りです。

表 4.3-140 寄港データ使用項目一覧

項目名	説明
揚本数	コンテナ船からコンテナをヤード等に揚げた実績本数
積本数	コンテナ船にコンテナを積んだ実績本数
(実)	実入コンテナ
(空)	空コンテナ
20ft, 40ft	コンテナの長さ(ft : フィート)

◇データの加工

カメラデータから待機時間を算出し、「データ傾向分析」「待機時間予測」を行うため、カメラデータを下記のように加工しました。

- ・ 入場車両データと退場車両データを分け、それぞれ認識日時で昇順に並べ替える
- ・ 全入場車両データに対して次の処理を行う
 - ① 1 つの入場データ(以下対象データとする)の認識日時より遅い認識日時を持つ退場車両データを抽出
 - ② ①で抽出したデータの中から、対象データと陸運支局名・分類番号・かな文字・一連番号が全て一致するデータを探索
 - ③ ②で一致するデータが 1 件以上存在した場合、その中で最も早い認識日時と対象データの認識日時の差を待機時間とする。②で一致するデータが 0 件だった場合、対象データを欠損データ(詳細は次項)とする
- ・ 従って加工後の総データ数は入場データ数と等しい

加工後のデータ項目は以下の表の通りです。

表 4.3-141 カメラデータ項目一覧(加工後)

データ項目	説明	例
in_time	入場車両の認識日時 : yyyy-MM-dd hh:MM:sss.fff	2022-12-16 06:15:36.132
camera_num	ゲート番号 : 1 or 2 or 3	1
branch	陸運支局名	なにわ
class	分類番号	100
kana	かな文字	き
large_flag	大板フラグ : 1	1
serial_num	一連番号	5352
transit_time	待機時間 : 単位…秒	39.080…

◇欠損値

加工後のカメラデータにおいて

- ・ 陸運支局名・分類番号・かな文字・一連番号のいずれかが認識失敗となっているデータ
- ・ 待機時間を算出できなかった(一致する退場データが見つからなかった)データ

を欠損値としました。

以下は日・曜日・時間単位で集計したデータ数と欠損率を可視化したグラフ(横軸の日時は、車両の入場日時)です。

また、各ラベルの説明は以下の通りです。

表 4.3-142 欠損値に関するラベル

ラベル	説明
error_rate	欠損率
record_count	(欠損値以外の)データ数
error_count	欠損値数



図 4.3-180 各日・各曜日・各時間帯の欠損率

各日・各曜日・各時間帯の欠損率より、12/30と01/22の欠損率が1.0(100%)となっていますが両日とも休日であり、待機場は利用してないが入場ゲートのカメラで認識されてしまった車両が数台あったためと考えられます。

また、こちらの表でも土曜日の欠損率が他の曜日よりも僅かに高くなっているのは、他の曜日に比べてデータ数が極めて少ない上、Ⅲ-1での考察と同様に休日同様待機場は利用してないが入場ゲートのカメラで認識されてしまった車両の割合が高かったためと考えられます。

更に、5~7時台の欠損率が高くなっているのは、ゲートの開放時間である8:30よりかなり前でありデータ数が少ない上、休日同様待機場は利用してないが入場ゲートのカメラで認識されてしまった車両の割合が高かったためと考えられます。

これらにより、以後の分析においては欠損データは除外して分析・予測を行いました。

◇時間帯の日付の分析

各時間帯の平均データ数は以下の表の通りです。

表 4.3-143 各時間帯の平均データ数

時間帯(n時台)	平均データ数
0	0.000000
1	0.000000
2	0.000000
3	0.000000
4	0.000000
5	0.175000
6	5.098765
7	13.320988
8	24.456790
9	39.530864
10	45.580247
11	43.222222
12	16.604938
13	72.234568
14	81.049383
15	72.037037
16	23.814815
17	0.000000
18	0.000000
19	0.000000
20	0.000000
21	0.000000
22	0.000000
23	0.000000

平均データ数は、その時間における 1 日あたりの待機場利用車両の数を表しています。つまり平均データ数が 1 未満ということは、その時間帯に待機場を利用する車両が 1 日あたり 1 台もないということを意味します。そこで以後の分析においてはデータ数の平均が 1 未満である時間帯に関しては待機時間なしとして除外し、分析・予測を行いました。

◇データ傾向分析

- ・ 日時と待機時間の関係

日単位で集計したデータ数と平均待機時間を可視化したグラフと曜日単位で平均したデータ数と待機時間を可視化した結果は以下の通りです。

また、各ラベルの説明は以下の通りです。

表 4.3-144 データ分析傾向におけるラベル①

ラベル	説明
transit_time(sec)	平均待機時間(単位：秒)
record_count	データ数
transit_time_max(sec)	最長待機時間
transit_time_min(sec)	最短待機時間
record_mean	平均データ数

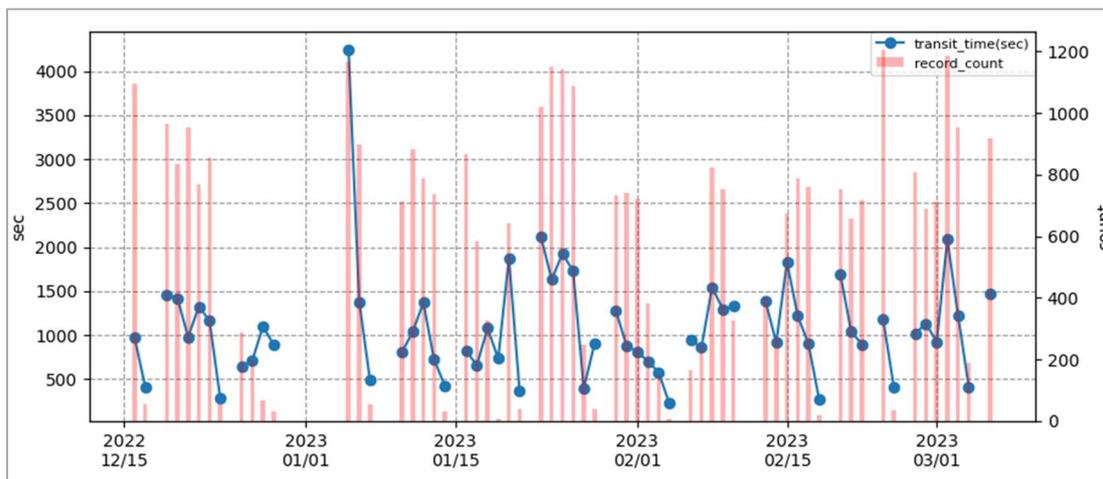


図 4.3-181 各日の待機時間

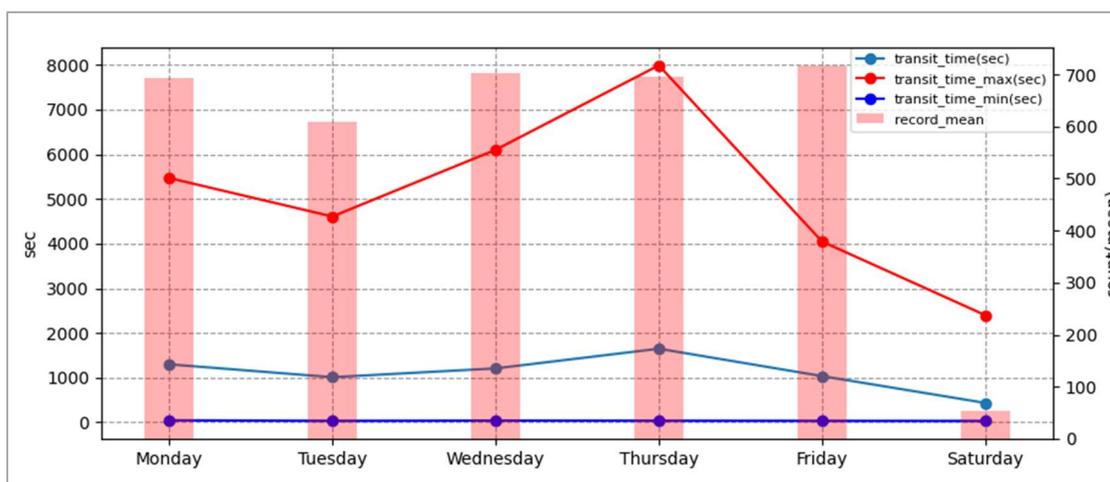


図 4.3-182 各曜日の待機時間

上図より、待機時間の日付への依存はあまり見られませんが、

12月の中では12/19(月)~22(金)

1月の中では01/23(月)~27(金)のレコード数が多く、待機時間も長くなっていました。このことから各月最終週の1つ前の週(月末)は混雑する可能性が考えられます。しかし12月最終週が年末であり、1月最終週は火曜日までしかなく、更に2月末にはそのような傾向は見られなかったことからもう少し長い期間で各月の日付ごとの待機時間を確認することが必要です。

また、土曜日は待機場を利用する車両が極めて少なく待機時間がほとんど発生していないことが分かりました。加えて、木曜日が最も待機時間が長くなっており、そこから週末に向けて待機時間は短くなる傾向になっていることも分かりました。

これらの結果から、他の曜日と土曜日のように極端な差がある場合を除き、待機時間と待機場の利用台数に相関があまりないことが考えられます。

以下は時間単位で平均したデータ数と待機時間、各時間帯の最長・最短待機時間を可視化したグラフです。また、以下のグラフにおけるラベルは以下の通りです。

表 4.3-145 データ分析傾向におけるラベル②

ラベル	説明
transit_time(sec)	平均待機時間(単位:秒)
transit_time_max(sec)	最長待機時間(単位:秒)
transit_time_min(sec)	最短待機時間(単位:秒)
record_mean	平均データ数

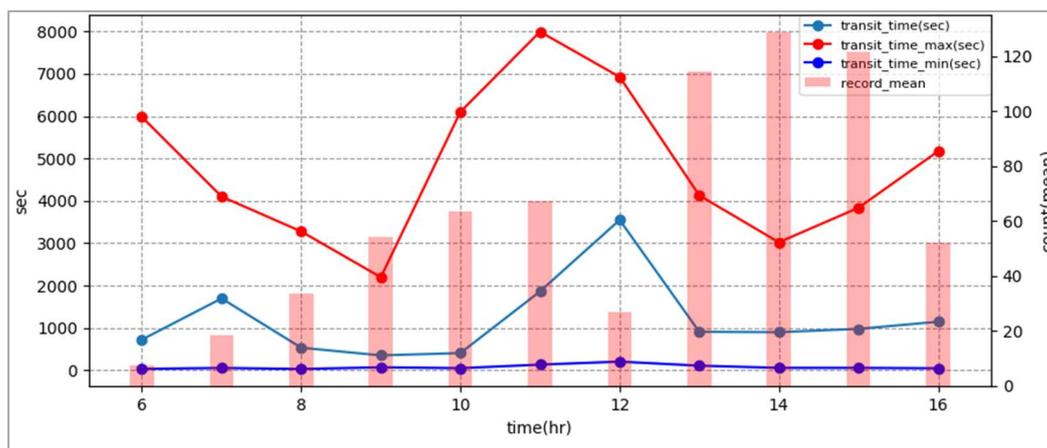


図 4.3-183 各時間帯の待機時間

上図より、昼休憩時と入場ゲート閉鎖時間(16:30)直前を除き、全体的に時間とともに待機場利用台数が増える傾向にあることが分かりましたが、待機時間にはその傾向は見られませんでした。

また、7時台と11,12時台に入場した車両の待機時間が長くなっているのは、それぞれ朝のゲート開放時間(8:30)と昼休憩明けのゲート開放時間(13:00)まで待機場内で待っているためと考えられます。

上記以外の時間帯は待機時間が全体をとおして安定して短いことが分かります。これは車両の待機場への入場ペースが待機場からの退場ペースを上回ることが少なく、待機場内があまり混雑していないことを意味していると考えられました。午前中は7時台から10時台まで右肩下がりになっており毎日ほぼ混雑しておらず、午後は午前中に比べると待機時間も少し長く13時台から若干右肩上がりとなっており日によっては混雑が発生していると考えられます。7時台の待機時間が少し長くなっている点は、6時台に多くの車両が入場していた場合、その後の7時台に入場した車両はゲートが開放してからもしばらく待たなければならないことに起因している可能性が考えられます。

・ 寄港データと待機時間の関係

日ごとに集計したコンテナの揚本数、積本数と船の数を可視化したグラフと日ごとに集計した寄港データとカメラデータから、1日ごとの平均待機時間と寄港データの相関関係を可視化したグラフは以下の通りです。また、以下のグラフにおけるラベルは以下の通りです。

表 4.3-146 データ分析傾向におけるラベル③

ラベル	説明
lifted_〇〇ft_contains	実入コンテナの揚本数
lifted_〇〇ft_empty	空コンテナの揚本数
loaded_〇〇ft_contains	実入コンテナの積本数
loaded_〇〇ft_empty	空コンテナの積本数
ship_count	入港した船の数
transit_mean	待機時間の平均

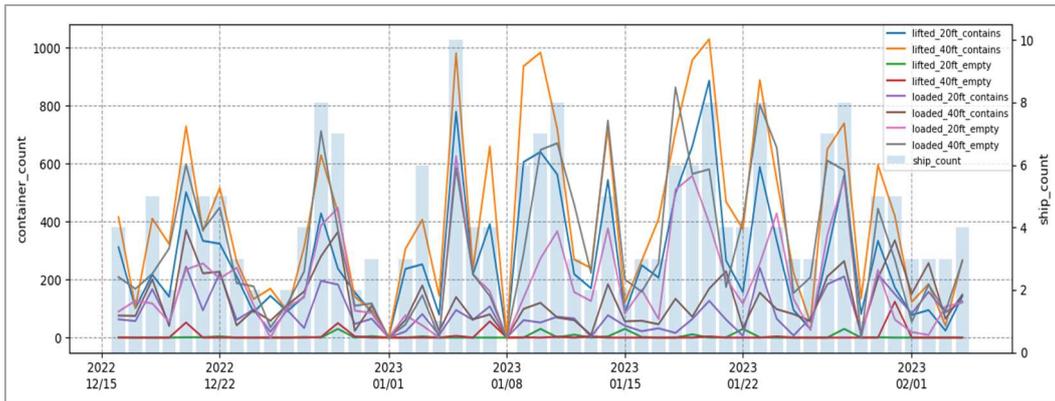


図 4.3-184 各日の寄港データ

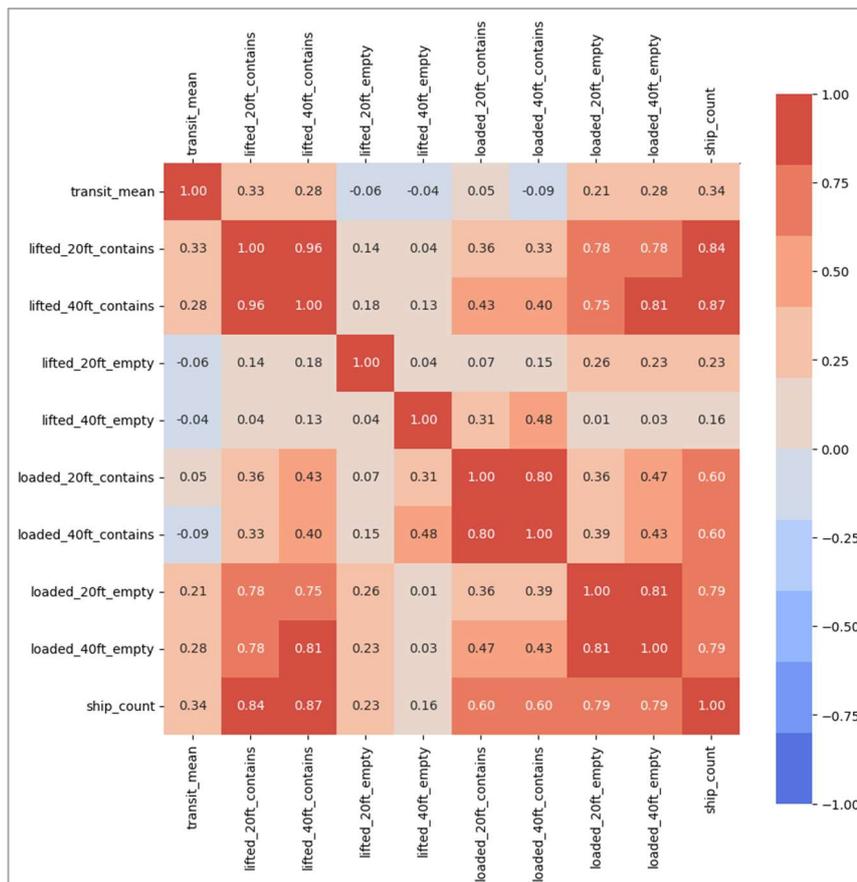


図 4.3-185 寄港データと待機時間の相関

上図より、空コンテナ揚本数のみが常に少なくなっており、また他のコンテナ本数のデータに関しては入港した船の数に概ね依存していることが分かります。更に船の数と空コンテナ揚本数以外のコンテナ本数データが正の相関が、待機時間と実入コンテナ揚本数、空コンテナ積本数、船の数にも正の相関にあることが分かりました。

◇待機時間予測モデル

・予測間隔

目的変数である待機時間の時間スケールは学習データのばらつき度合いや要件によって適切に決定すべきと考え、今回は1時間ごとと10分ごとでデータのばらつき度合いを可視化しました。待機時間を1時間ごとに集計して平均をとり、縦軸を相対度数にした時のヒストグラムと同じく待機時間を10分ごとに集計・平均したヒストグラムは以下の通りです。※図内右上は待機時間の0~5,000秒（ピンクでマーカーされている部分）を拡大して表示しています。

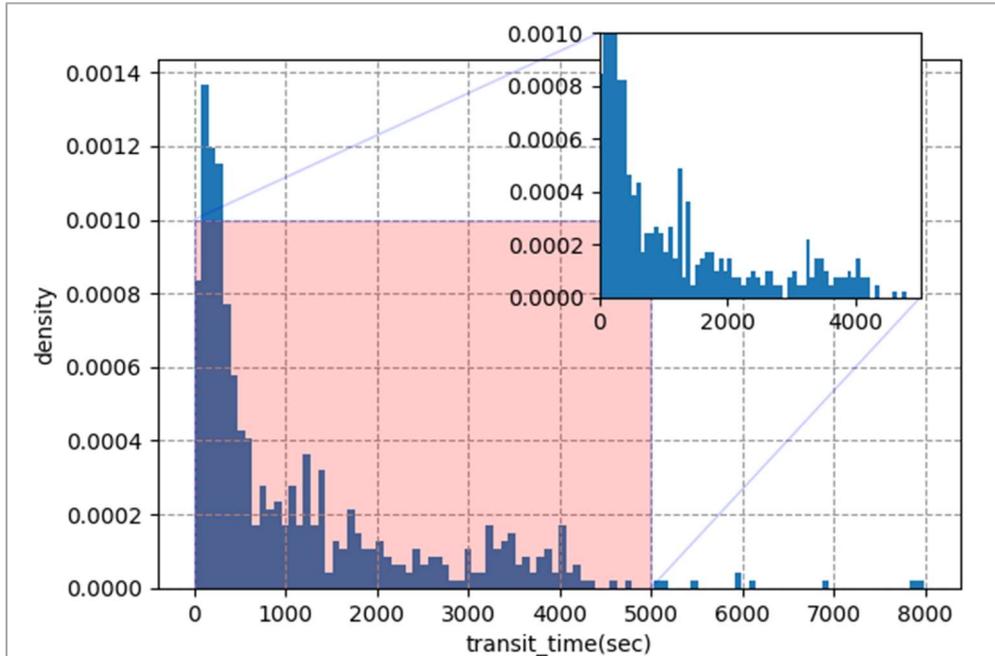


図 4.3-186 1時間ごとの待機時間のヒストグラム

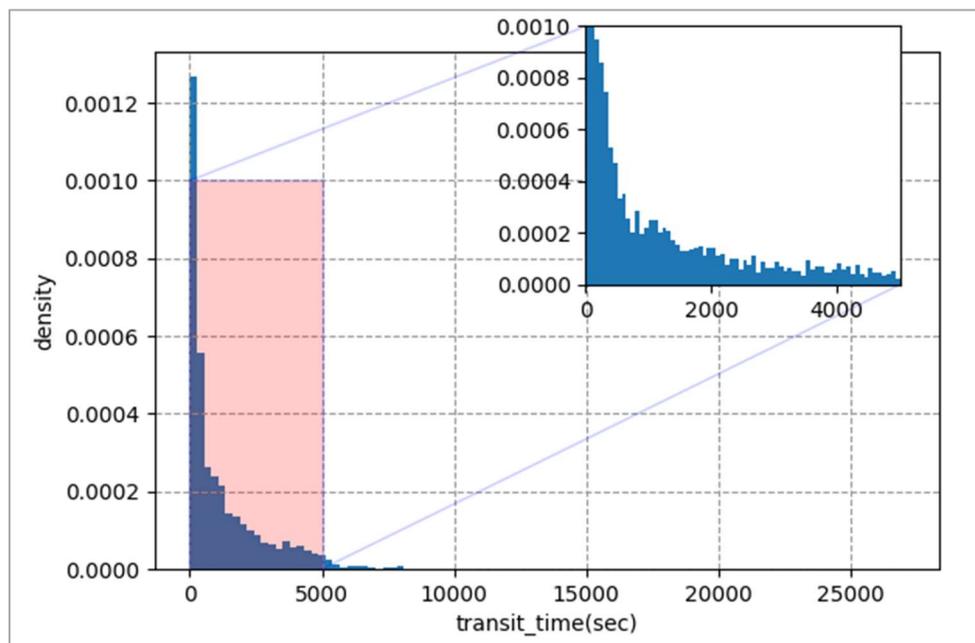


図 4.3-187 10分ごとの待機時間のヒストグラム

上図より、1時間ごとと10分ごとでデータのばらつき度合いにほとんど差異が見られなかったため、目的変数をこの2種類としてそれぞれモデルを作成しました。

・モデル種別

モデルの作成にはLightGBMという機械学習アルゴリズムを使用しました。また、ハイパーパラメータの調整にはOptunaというハイパーパラメータの最適化を自動化するためのフレームワークを使用しました。以下は作成したモデルの種別です。

モデル	学習データ期間	説明変数	目的変数
パターン1	2022/12/16~2023/01/14, 03/06	時間情報	待機時間
パターン2	2022/12/16~2023/01/14, 03/06	時間情報、過去の待機時間	待機時間
パターン3	2022/12/16~2023/01/14, 03/06	時間情報、過去の待機時間変化量	待機時間
パターン4	2022/12/16~2023/01/14, 03/06	時間情報、過去の待機時間変化量	待機時間変化量
パターン5	2022/12/16~2023/01/14	時間情報、寄港データ	待機時間
パターン6	2022/12/16~2023/01/14	時間情報、寄港データ、過去の待機時間	待機時間
パターン7	2022/12/16~2023/01/14	時間情報、寄港データ、過去の待機時間変化量	待機時間

表 4.3-147 モデル種別

パターン1は、月・日・曜日・時間・分といった時間情報のみを説明変数としたモデルです。

パターン2~4は過去(数時間前、先週)の待機時間も説明変数に加えたものです。

パターン2は待機時間の絶対値をそのまま使用し、パターン3、4では待機時間の相対的な変化を使用しました。

パターン4のみ目的変数を待機時間の絶対値ではなく変化量としました。

上記パターン1~4は、ポータルサイト公開前までのデータのみでの学習と、ポータルサイト公開後のデータを含めた学習の両方を行いました。

パターン5~7は、説明変数に待機時間と相関があると見られる寄港データを加えたものです。

待機時間を予測するモデルに使用する説明変数の説明を下表に示します。ここで、時間情報はモデルに適切に寄与させるために特徴量を変換させています。時間(hour)を例に考えると、23時の次は0時だがこの間には数値的なつながりがありません。そこで循環性を考慮できるように三角関数を各特徴量に適用させ、三角関数を適用した場合としない場合についても精度比較を行いました。

表 4.3-148 説明変数

変数名	説明	備考	データ系列
dow_cos	曜日 cos 変換		時間情報
dow_sin	曜日 sin 変換		時間情報
minute_cos	分 cos 変換	予測間隔が 10 分の場合のみ	時間情報
minute_sin	分 sin 変換	予測間隔が 10 分の場合のみ	時間情報
hour_cos	時間 cos 変換		時間情報
hour_sin	時間 sin 変換		時間情報
day_cos	日にち cos 変換		時間情報
day_sin	日にち sin 変換		時間情報
month_cos	月 cos 変換		時間情報
month_sin	月 sin 変換		時間情報
lifted_20ft_contains	実入コンテナ揚本数		寄港データ
lifted_40ft_contains	実入コンテナ揚本数		寄港データ
lifted_20ft_empty	空コンテナ揚本数		寄港データ
lifted_40ft_empty	空コンテナ揚本数		寄港データ
loaded_20ft_contains	実入コンテナ積本数		寄港データ
loaded_40ft_contains	実入コンテナ積本数		寄港データ
loaded_20ft_empty	空コンテナ積本数		寄港データ
loaded_40ft_empty	空コンテナ積本数		寄港データ
ship_count	寄港した船の数		寄港データ
past_transit_time	過去の待機時間		待機時間
past_transit_variation	過去の待機時間変化量		待機時間

・過去の待機時間の活用

リアルタイムでの予測を想定した場合、過去の待機時間の活用方法について考える必要があります。例えば、待機時間推移において現在時刻が 8:00 の時に待機時間を予測したい場合を考えると、7:30 時点に入場した車両はまだ待機場内にいた場合、30 分前待機時間にデータが格納されておらず、30 分前待機時間は使用できません。よって、過去待機時間を扱う場合は 2 時間前を起点とし、変化量を求める場合は 1 週間前同時刻待機時間-2 時間前待機時間とします。また、変化量を説明変数として使用した場合はモデル推論時に予測できる待機時間は現在時刻の待機時間になります。

・モデル種別精度比較

データ分析期間である 2022/12/16~2023/01/14 を学習期間とし、テストデータ期間は 1 週間と

した結果は以下の通りです。

表 4.3-149 モデル種別精度比較

モデル	学習データ期間	テストデータ期間	説明変数	目的変数	r2	mae	rmse
10min	2022/12/16 ~ 2023/01/14	2023/01/23 ~ 2023/01/29	時間情報(sin,cos 変換有, 日祝日営業時間外込み)	日祝日営業時間外込み	0.292	892.4	1336
10min	2022/12/16 ~ 2023/01/14	2023/01/23 ~ 2023/01/29	時間情報(sin,cos 変換有, 日祝日営業時間外除外)	日祝日営業時間外除外	0.294	899.1	1334
10min	2022/12/16 ~ 2023/01/14	2023/01/23 ~ 2023/01/29	時間情報(sin,cos 変換なし, 日祝日営業時間外除外)	日祝日営業時間外除外	0.238	846.4	1386
10min	2022/12/16 ~ 2023/01/14	2023/01/23 ~ 2023/01/29	時間情報(sin,cos 変換有, 日祝日営業時間外込み)、寄港データ全要素	日祝日営業時間外込み	0.070	1027	1532
10min	2022/12/16 ~ 2023/01/14	2023/01/23 ~ 2023/01/29	時間情報(sin,cos 変換有, 日祝日営業時間外込み)、寄港データ船の数のみ	日祝日営業時間外込み	0.168	946.3	1449
1h	2022/12/16 ~ 2023/01/14	2023/01/23 ~ 2023/01/29	時間情報(sin,cos 変換有, 日祝日営業時間外込み)、寄港データ船の数のみ	日祝日営業時間外込み	0.298	791.2	1228
10min	2022/12/16 ~ 2023/01/14	2023/01/23 ~ 2023/01/29	時間情報(sin,cos 変換なし, 日祝日営業時間外除外)、寄港データ船の数のみ	日祝日営業時間外除外	0.252	853.5	1373
1h	2022/12/16 ~ 2023/01/14	2023/01/23 ~ 2023/01/29	時間情報(sin,cos 変換なし, 日祝日営業時間外除外)、寄港データ船の数のみ	日祝日営業時間外除外	0.316	842.2	1248
10min	2022/12/22 ~ 2023/01/14	2023/01/23 ~ 2023/01/29	時間情報(sin,cos 変換なし, 日祝日営業時間外除外)、過去の待機時間変化量(2h)	日祝日営業時間外除外	0.214	865.9	1408
1h	2022/12/22 ~ 2023/01/14	2023/01/23 ~ 2023/01/29	時間情報(sin,cos 変換なし, 日祝日営業時間外除外)、過去の待機時間変化量(2h)	日祝日営業時間外除外	0.281	842.4	1280
10min	2022/12/22 ~ 2023/01/14	2023/01/23 ~ 2023/01/29	時間情報(sin,cos 変換なし, 日祝日営業時間外除外)、過去の待機時間変化量(2h) 寄港データ船の数のみ	日祝日営業時間外除外	0.212	889.3	1410
1h	2022/12/22 ~ 2023/01/14	2023/01/23 ~ 2023/01/29	時間情報(sin,cos 変換なし, 日祝日営業時間外除外)、過去の待機時間変化量(2h) 寄港データ船の数のみ	日祝日営業時間外除外	0.241	952.6	1315

寄港データ全要素を説明変数として使用した場合、モデルにとっては冗長な情報であったため精度が劣化していると考えられます。船の数とコンテナの本数等に正の相関があることから、コンテナの本数等の説明変数は船の数のみで代用できると考え、検証しました。

説明変数の要素が多くなると精度が劣化する傾向があるため、時間情報より有用な要素を説明変数に加える場合は、時間情報を sin, cos 変換しない方が精度は上がると考えられました。

更に以下は学習データ期間を伸ばしてモデルを再学習させ、テストデータ期間の条件を変えずに 1 週間として検証した結果です。

表 4.3-150 期間を延長したモデル種別精度比較

モデル	学習データ期間	テストデータ期間	説明変数	目的変数	r2	mae	rmse
10min	2022/12/16 ~ 2023/02/27	2023/02/28 ~ 2023/03/06	時間情報(sin,cos 変換有,日祝日営業時間外除外)	日祝日営業時間外除外	0.191	782.9	1207
1h	2022/12/16 ~ 2023/02/27	2023/02/28 ~ 2023/03/06	時間情報(sin,cos 変換有,日祝日営業時間外除外)	日祝日営業時間外除外	0.417	631.2	946.7
10min	2022/12/16 ~ 2023/02/27	2023/02/28 ~ 2023/03/06	時間情報(sin,cos 変換なし,日祝日営業時間外除外)	日祝日営業時間外除外	0.176	825.1	1218
1h	2022/12/16 ~ 2023/02/27	2023/02/28 ~ 2023/03/06	時間情報(sin,cos 変換なし,日祝日営業時間外除外)	日祝日営業時間外除外	0.380	686.4	976.3
10min	2022/12/16 ~ 2023/02/27	2023/02/28 ~ 2023/03/06	時間情報(sin,cos 変換有,日祝日営業時間外込み)	日祝日営業時間外込み	0.218	658.2	1139
1h	2022/12/16 ~ 2023/02/27	2023/02/28 ~ 2023/03/06	時間情報(sin,cos 変換有,日祝日営業時間外込み)	日祝日営業時間外込み	0.425	620.2	915.7
10min	2022/12/22 ~ 2023/02/26	2023/02/27 ~ 2023/03/06	時間情報(sin,cos 変換なし,日祝日営業時間外除外)、1週間前同時刻待機時間	日祝日営業時間外除外	0.379	652.9	954.4
1h	2022/12/22 ~ 2023/02/26	2023/02/27 ~ 2023/03/06	時間情報(sin,cos 変換なし,日祝日営業時間外除外)、1週間前同時刻待機時間	日祝日営業時間外除外	0.517	532.9	776.1
10min	2022/12/22 ~ 2023/02/26	2023/02/27 ~ 2023/03/06	時間情報(sin,cos 変換なし,日祝日営業時間外除外)、過去の待機時間変化量(2h)	日祝日営業時間外除外	0.436	580.3	909.7
1h	2022/12/22 ~ 2023/02/26	2023/02/27 ~ 2023/03/06	時間情報(sin,cos 変換なし,日祝日営業時間外除外)、過去の待機時間変化量(2h)	日祝日営業時間外除外	0.618	489.9	690.3
10min	2022/12/22 ~ 2023/02/26	2023/02/27 ~ 2023/03/06	時間情報(sin,cos 変換有,日祝日営業時間外込み)、過去の待機時間変化量(2h)	日祝日営業時間外込み	0.224	739.0	1183
1h	2022/12/22 ~ 2023/02/26	2023/02/27 ~ 2023/03/06	時間情報(sin,cos 変換有,日祝日営業時間外込み)、過去の待機時間変化量(2h)	日祝日営業時間外込み	0.357	647.2	994.1
10min	2022/12/22 ~ 2023/02/26	2023/02/27 ~ 2023/03/06	時間情報(sin,cos 変換なし,日祝日営業時間外除外)、過去の待機時間変化量(2h)	日祝日営業時間外除外 *待機時間変化量	0.390	611.0	945.0
1h	2022/12/22 ~ 2023/02/26	2023/02/27 ~ 2023/03/06	時間情報(sin,cos 変換なし,日祝日営業時間外除外)、過去の待機時間変化量(2h)	日祝日営業時間外除外 *待機時間変化量	0.584	488.2	709.7

テストデータ期間が8日に伸びている部分がありますが、これは精度評価時にデータ数の条件を変えないためです。また、祝日である2023/2/23の1週間後にあたる2023/3/2がテストデータ期間に含まれているため、1週間前の待機時間を説明変数として使用しているモデルはテストデータ期間を調整しました。

結論として、全体的に学習データ期間を伸ばした方が精度は向上し、過去の待機時間を説明変数として使用した場合のモデルが高い精度を記録しました。

下図は最も精度の高かったモデルによる予測結果と実測値を可視化したグラフです。ラベルの説明は以下の通りです。

表 4.3-151 予測モデル出力結果のラベル

ラベル	説明
pred	予測結果
true	実測値

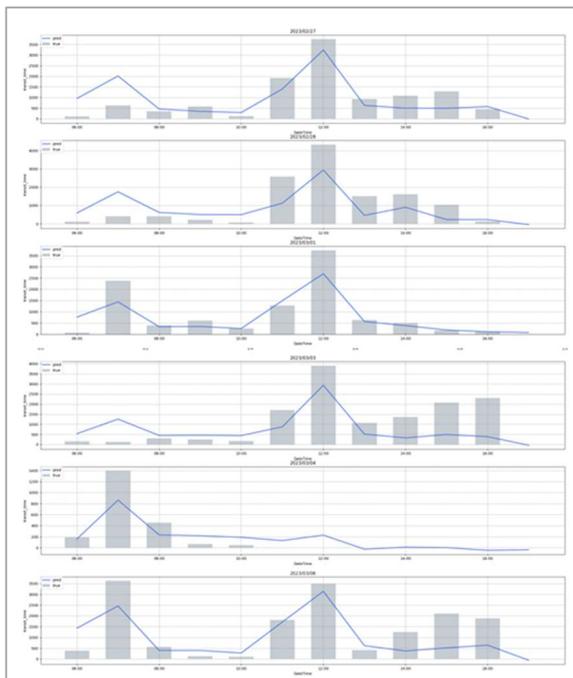


図 4.3-188 1時間ごとの予測

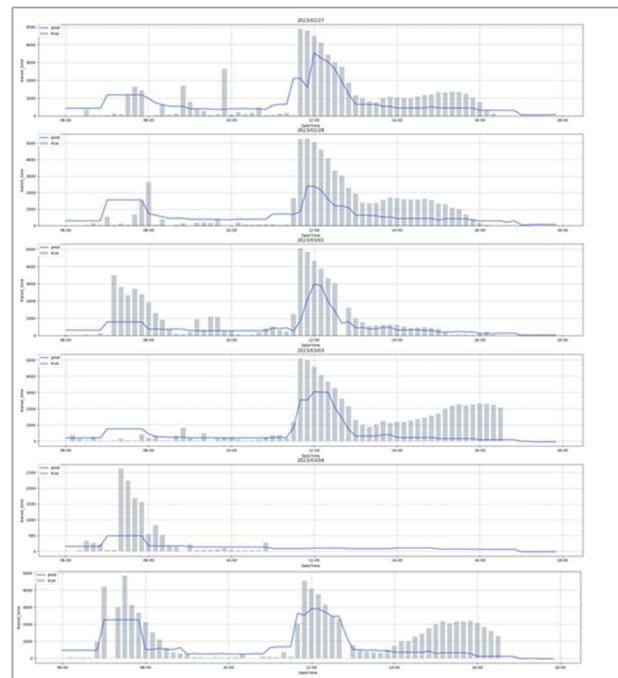


図 4.3-189 10分ごとの予測

◇ポータルサイト利用状況

ポータルサイトへのアクセス数のピークは昼休憩後の13、14時あたりとなっていました。

一方で、ポータルサイトオープン 2/3(金)から次の週にかけては配車担当者様のアクセス数が右肩下がりとなっており、それ以降ほとんどアクセスが見られませんでした。上記の傾向に加え、ドライバー様のアクセス数が毎営業日ある程度見られることから、待機場入場後に自身があとどの程度待機するのかを確認するために使用されているのではないかと考えられます。

しかし、配車担当者様向けのポータルサイト上に表示していたアンケートについては、配車担当者様のアクセス数が非常に少なかったことに伴い、回答数が非常に少なかったため、分析にて使用することが難しいと考えられました。

結果とそのラベルは以下の通りとなります。

表 4.3-152 アンケート回答状況のラベル

ラベル	説明
total, answer_count	総回答数
yes	“yes”回答数
no	“no”回答数
total_mean, answer_count	総回答数の平均
yes_mean	“yes”回答数の平均
no_mean	“no”回答数の平均
access_count	配車担当者様のアクセス数
access_mean	配車担当者様のアクセス数の平均

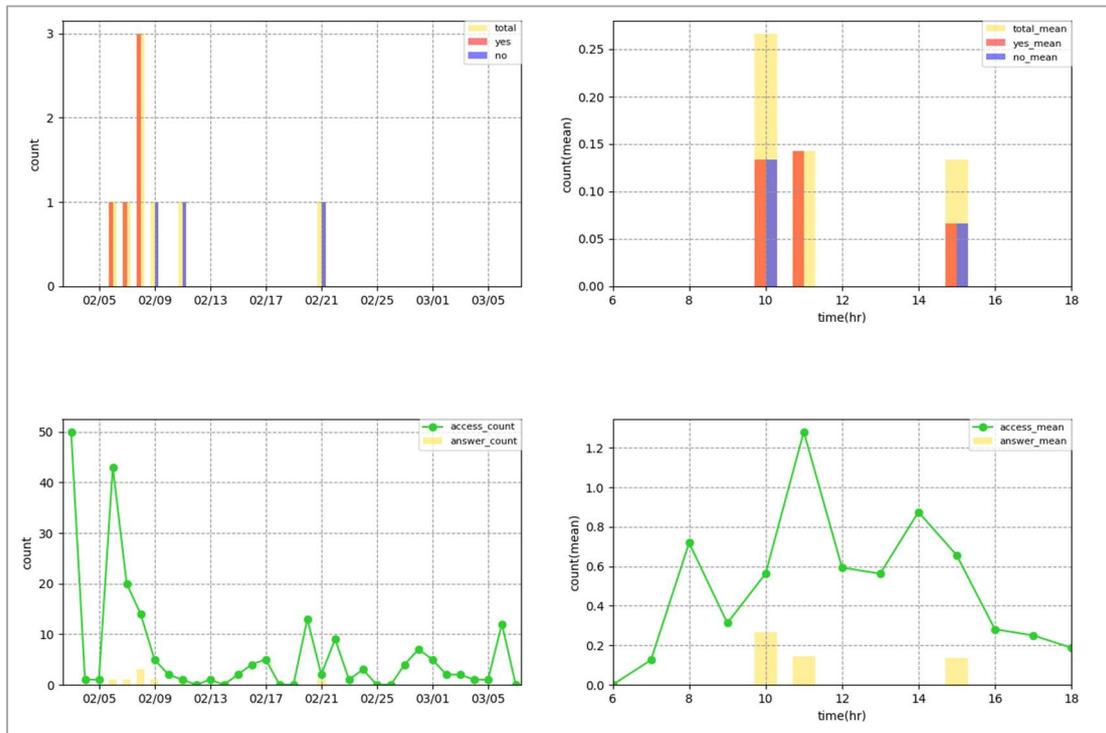


図 4.3-190 ポータルサイト上のアンケート回答状況

◇ポータルサイト公開前後の差分分析

ポータルサイト公開前後の各時間帯の平均待機時間、最長・最短待機時間、平均データ数を可視化したグラフとそのラベルの説明は以下の通りです。

表 4.3-153 差分分析のラベル

ラベル	説明
before_open_max_time	公開前の最長待機時間
before_open_min_time	公開前の最短待機時間
before_open_mean_time	公開前の平均待機時間
before_open_record_mean	公開前の平均データ数
after_open_max_time	公開後の最長待機時間
after_open_min_time	公開後の最短待機時間
after_open_mean_time	公開後の平均待機時間
after_open_record_mean	公開後の平均データ数

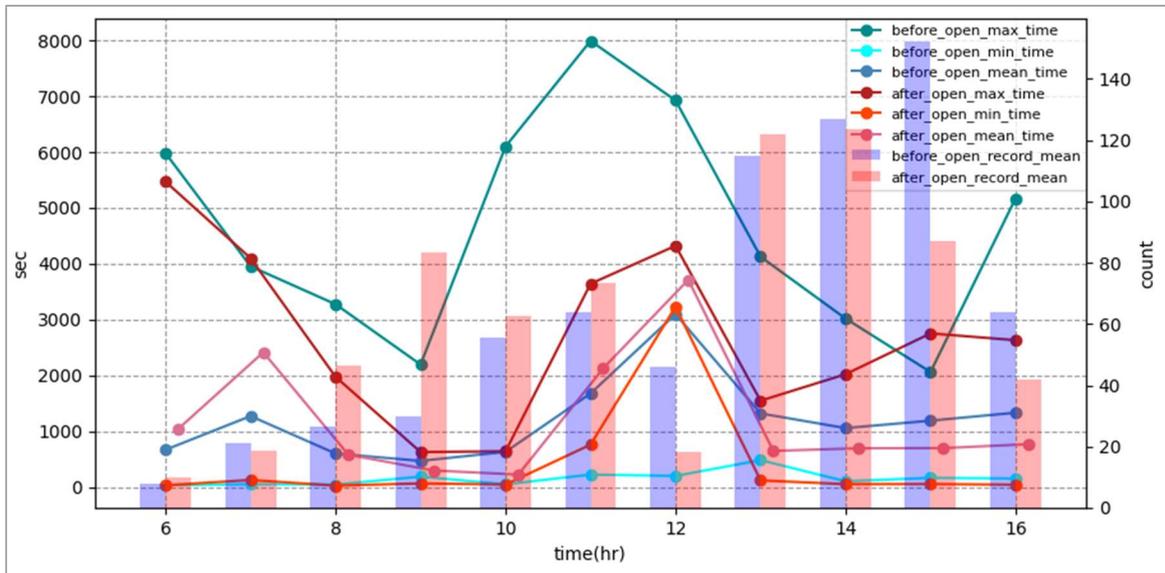


図 4.3-191 差分分析

上図より、ポータルサイト公開前後とも、ゲート閉鎖の影響で早朝と昼休憩時の待機時間が長くなっており、大きな傾向の差は見られませんでした。

しかし、ポータルサイト公開後の方が公開前と比較して最長待機時間と最短待機時間の差が明らかに小さくなっていることが分かりました。これは、ポータルサイト公開前が年末年始であり通常時とは状況が少し異なっていた可能性が考えられます。

また、平均待機時間は公開前後で比較すると可視化ポータルサイトの開設前において、トレーラー待機場を利用したトレーラーの実際の平均待機時間は約 21 分 57 秒でした。これに対して、可視化ポータルサイトの開設後においては、トレーラー待機場を利用した実際の平均待機時間は 17 分でした。この平均待機時間の減少は、ポータルサイトのサイトの開設とは無関係な事象によるものも含まれている可能性が高いですが、待機時間が短縮されたと考えられます。

ポータルサイト公開前は午後に向けて待機場利用台数が増加する傾向にありましたが、ポータ

ルサイト公開後は午前中の利用台数が増加し、公開前のピークである 15 時台の利用台数が減少していることが分かりました。つまり、ドライバーの行動が変容し公開前のピークである 15 時台の利用から、午前の空いている時間での利用が増えたことによって混雑状況が緩和されたのではないかと考えられます。

◇考察

● ドライバーの行動変容

ポータルサイト公開前後の待機時間の比較により、今回の実証においては混雑状況の緩和が確認されました。これはドライバーの行動変容が発生し、ピーク時を避ける行動をドライバーがとったためと考えられます。しかし一方で、この行動変容がポータルサイトのみの影響による混雑状況緩和だとは言いきれませんでした。

● データ収集期間の影響

本実証作業におけるデータ収集期間が 2022/12/16～2023/03/06 であったことが、分析・予測全体に影響したと考えられます。更にデータ収集期間が約 2 ヶ月程度と短く、データ数が少なかったことが分析結果や予測精度に大きく影響した可能性が考えられます。また、年末年始はトレーラーの往来状況が通常時と異なっていた可能性もあり、データ数が少ないためにその影響を大きく受けてしまったことも考えられました。

● ポータルサイトについて

ポータルサイトの利用がドライバーよりも配車担当者様の利用が少なかった原因として、特にポータルサイトを公開した週において、想定していたほど待機場が混雑していなかったことが考えられます。あまり混雑していないために昼休憩を除くほとんどの時間において待機列判断ロジックにより待機列なしと判断され、表示がいつ見ても 0 分となっており参考にしづらかったのではないかと考えられました。

● 想定外のデータについて

想定外のデータについては、明確な原因や見分け方が未解明のため、本実証作業において完全に除外することが困難でした。そのため、想定外のデータが分析・予測結果に少なからず影響している可能性があります。

可視化前後での定量的な差分をもとに、実務者へのアンケート結果を踏まえ、今後の実運用に向けた課題の洗い出しを実施しました。また、平均滞留時間等の変化と従事者の単金から本取り組みによる削減費用及び生産性向上について定量的に評価しました。

<削減時間>

アンケート回答より、34.2%の方がポータルサイトの閲覧により行動変容したことがあるという結果になりました。昨年度の実証においては、混雑状況が可視化された場合、行動変容する可能性のある利用者率が 42%だったため、更にそこから、荷主次第で時間が決定したり、コンテナ

に積んでいる荷物の納期を加味しないといけなかったりと、行動変容したくてもできない配車担当者がいることを考慮して、半分程度の人の変更できたとして23%の車両が減ったと仮定していました。しかし実際はポータルサイトの利用者のうち、実際に行動が変容して混雑緩和する可能性のある利用者は34.2%にのびりました。このことから34.2%の車両が減ったと仮定して削減される時間は以下のように求められます。

可視化ポータルサイトの開設前において、トレーラー待機場を利用したトレーラーの実際の平均待機時間は21分57秒でした。そのうち、より34.2%の利用者が行動変容を行ったと仮定した場合、約7分30秒の待機時間がドライバーと配車担当者の行動変容によって減少すると考えられます。

- ・ 1台あたりの削減待機時間/日=平均待機時間21分57秒×行動変容率34.2%=約7分30秒
- ・ 1日にC10ゲートを利用するトレーラーの台数が約1092台で、行動変容によって23%が減少されることを加味すると、 $1092 \text{ 台} - (1092 \text{ 台} \times \text{行動変容率 } 34.2\%) = \text{約 } 719 \text{ 台}$ となります。
- ・ 1台あたりの削減待機時間7分30秒/日×718台=約5394分(約90時間)/日
このことから年間での削減待機時間を計算すると
- ・ 1日あたりの削減待機時間90時間/日×20営業日/月×12ヶ月/年=約21575時間/年
- ・ 年間で約899日分の待機時間が削減されると算定されました。

<費用対効果/年>

- ・ 1台あたりの削減される待機時間7分30秒/日から年間の費用対効果を算出します。
- ・ 国土交通省が提示しているドライバーの件費は1時間3,657円です。そのうちの削減される待機時間が7分30秒とすると、1台あたりの削減費用/日は7分30秒/日×61円/分(3,657円/時)=約458円/日。
- ・ 1台あたりの削減費用458円×1092台×20営業日×12ヶ月=約120百万円/年
- ・ 運送業界全体で約120百万円の費用が削減されると算定されました。

【総評】

今回の実証により、混雑状況可視化ポータルサイトの公開前後において、確かにトレーラー待機場の混雑状況は緩和されました。また、利用者のアンケートにおいてもポータルサイトの利用によって行動変容が発生しており、ポータルサイトによる混雑緩和がされている可能性が見られました。しかしこれはポータルサイトによる混雑状況可視化のみによる混雑緩和かは不明であり、引き続き検討が必要だと考えられます。今回の実証においては、年末年始や春節などのイレギュラーな時期且つ短期間でのデータ収集となったため、正確にポータルサイトのみによる影響を算出しづらい結果となりました。予測モデルの精度向上の観点も含め、更に長期間での検証が今後は必要であると考えられました。

今回の結果により昨年度の実証によって仮説でした行動変容率(混雑状況の可視化により行動変容する可能性がある利用者)の存在が34.2%の割合で確認でき、複合的な要因は考えられるとしても結果として混雑状況は緩和されたため、ポータルサイトの運用は有効である可能性があり

ます。

更にアンケート回答から、他港湾への連携を強く希望されていることが分かり、今回の実証で使用されたポータルサイトは他港湾の情報も同時に閲覧可能な形とすることで、より利用者の無駄のない配車が可能となります。しかし今回の実証では横展開にあたっての障壁をなくすまでには至れませんでしたので、夢洲コンテナターミナルにおいて2ヶ所の待機場の混雑状況の可視化を実施することで、ポータルサイトによる効果を立証し阪神国際港湾などの他港湾への展開を進められる可能性があります。

加えて、今回の実証において、混雑状況を予測する予測モデルを作成したところ、今回のような少ないデータでも混雑状況の流れを捉えることができしており、予測モデルの精緻化プロセスを向上させることで、夢洲でも混雑状況の可視化精度の向上と他港湾へのスムーズな展開も可能となると想定されます。

(4) ローカル 5G 活用モデルの有効性等に関する総評

課題Ⅰソリューションにより、コンテナターミナル全体で平均スループット UL:167Mbps、DL:353Mbps の大容量化を実現し、トレーラー車載端末、トップリフター車載端末などの地上系通信、RTG 車載端末が途切れることなく通信できることを確認し、また、リーファーコンテナエリア等の狭小エリアでも平均スループットが大きく落ちることはありませんでした。これにより、既存の 5GHz 帯無線アクセスシステムでは実現できなかった、安定した業務通信に加えて更なる港湾向け DX ソリューションを複数機能させることが数値的に実証されました。

課題Ⅱソリューションでは、港湾業界の長年の課題であったペーパーレス化及び付帯する業務軽減を実現できました。業務軽減だけではなく、作業進捗の可視化、修正箇所の自動更新等を盛り込んだアプリケーションにより安全面も高めることができました。

課題Ⅲソリューションでは、コンテナターミナル周辺の混雑状況を可視化した場合の行動変容について、実測を行いました。他のトレーラー待機場にも同ソリューションを導入し、互いに連携させたシステムとすることでコンテナターミナル全体の混雑状況可視化につながると考えられます。周辺の港湾にも広げていくことで更なる効果が見込まれると考えられます。

4.3.2 ローカル 5G 活用モデルの実装性に関する検証

(1) 経済性・市場性の検証

1) 検証項目

今後 2030 年度までに、ネットワークやコンテナターミナル管理システムの更改・増設等を予定している港湾事業者を明確にし、その規模感から経済性、市場性を検証します。

なお、本実証で取り組んだソリューションを個別に実装していくという考えではなく、既存の業務ネットワークをローカル 5G に巻き取ることで、高品質化し、更なる港湾 DX ソリューションが既存業務通信とともに機能することを目的に取り組んだため、総合的な検証を実施しました。

2) 検証方法

市場性を検証する方法として、三菱ロジスネクスト社からコンテナターミナル管理システム等を導入した実績がある10の港湾事業者を対象に、本実証内容をもとにしたヒアリング調査を行い、ローカル5G導入に対する意欲や、導入判断するための検討観点の確認を行いました。

※国際戦略港湾や国際拠点港湾や港湾運送事業者を含む

検証する項目は、以下とした。

【ヒアリング調査項目】

- ・ ローカル5G導入に関する意欲、興味
- ・ ローカル5G導入に関する検討経緯（導入を見送った理由等）
- ・ 本実証内容に対する興味関心内容
- ・ 港湾事業者が抱える課題と高品質ネットワークに期待すること
- ・ 既存ネットワークの利用、運用における課題
- ・ 既存ネットワークの更改に関する予算規模（ローカル5G導入費用の許容範囲）
- ・ 現在検討している更改ネットワークに対する要件
- ・ ソリューションⅡの価格感
- ・ AIターミナル政策に向けた取組状況

3) 検証結果及び考察

ヒアリング対象とした10の港湾事業者のうち、半数にあたる5の港湾事業者からローカル5G導入に対する前向きな回答がありました。それぞれの港湾事業者の規模感を本実証フィールドの夢洲コンテナターミナル社のコンテナ取扱量（TEU）と比較した場合に以下になります。

A社22%、B社23%、C社65%、D社20%、E社24%です。各社の比較比率をもとに、ローカル5G導入費用を算出しました。5社合計のローカル5G導入費用（イニシャル）は、約1億円になり、7年間の運用保守費用を合わせると、約1.8億円になります。

更に、ヒアリングをとおして同時に導入したいとの回答があった、本実証の取り組みである「コンテナプランニングデータのリアルタイム伝送」、昨年度実証取り組みである「スマートグラスを活用したコンテナダメージチェックの遠隔化」を加えた場合は、合計で2.2億円になります。

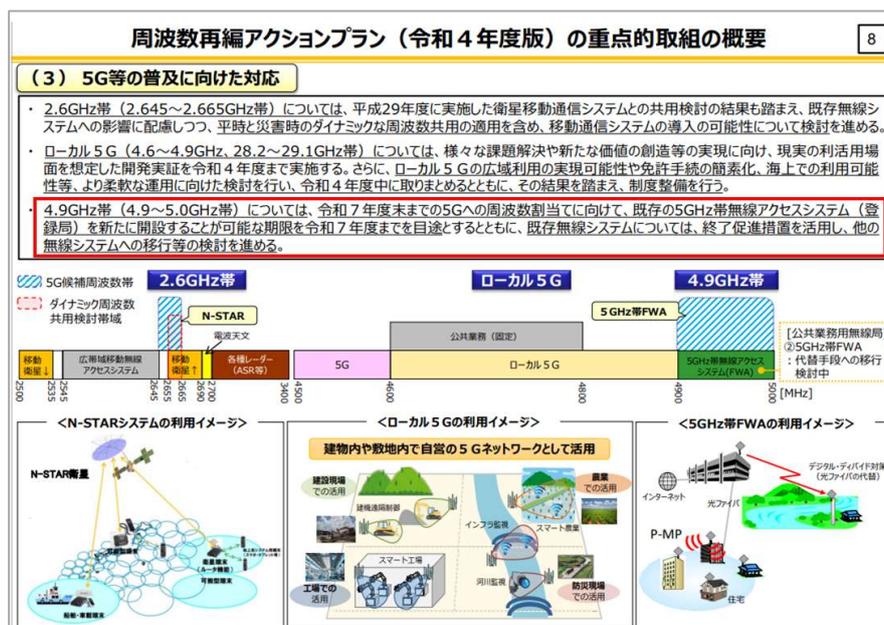
表 4.3-154 ヒアリングをもとにしたローカル5G導入規模(見込み)

港湾事業者	規模感	ローカル5G導入費	7年間運用保守費	計
A社	22%	15,000,000	10,000,000	25,000,000
B社	23%	15,500,000	11,000,000	26,500,000
C社	65%	45,000,000	30,000,000	75,000,000
D社	20%	13,000,000	9,000,000	22,000,000
E社	24%	16,000,000	12,000,000	28,000,000
総計				176,500,000

※規模感は、夢洲コンテナターミナル社と比較した場合

総じて、現状の無線通信がつながりにくいという回答がありました。本実証の結果をもって、再度ヒアリングを継続すれば更に導入意欲や興味を引き立てる材料になると考えるとともに、将来的にRTG遠隔操作を検討している、荷揚げシステムをAIで行う検討をしているなど、ネットワークの追加や高品質化を望まれていることを確認できました。

また、周波数再編アクションプランにて、港湾で活用されている既存の5GHz帯無線アクセスシステムについて、5Gへの周波数割当に向けて新たな開設期限を令和7年度までを目途に検討を進められていることもローカル5Gが今後港湾業界への普及展開を加速させると考えます。



出典：(URL: https://www.soumu.go.jp/main_content/000846640.pdf)

図 4.3-192 周波数再編アクションプラン(令和4年度版)※一部改変

(2) 運用スキーム・ビジネスモデルの検討

1) 検証項目

SI提供型とサービス利用型の初期費用及び運用保守面での比較を実施し、ユーザーにとってより導入しやすいビジネスモデルを検証しました。

2) 検証方法

港湾事象者への展開においては、NTT西日本グループが中心となり、本コンソーシアムメンバーや、本実証を通じて顕在化した更なる課題に対する解決策を取りまとめ、提案から電波シミュレーション、免許取得、構築、保守運用といった、横展開に必要な運用スキームを構築しました。

本実証では、横展開を考えた際に、不足している内容を明確にし、今後の運用スキームを確立するとともに、各事業者の役割を整理したビジネスモデル（ビジネス展開のモデル）を構築しました。

【検証項目と方法】

本実証における課題実証内容と令和3年度課題解決型ローカル5G等の実現に向けた開発実証での実証内容を中心として、港湾 DX の効果（効果額）を検証、測定しました。

また、効果を最大化するために必要な本コンソーシアムメンバー外の事業者を明確化することで、本実証内容に閉じず、実装性を高める検討を実施する。

- ・ 前項の経済性・市場性の検討結果からビジネスモデルを展開する計画案を作成し、ローカル5Gシステム普及の具体性を検証する
- ・ ローカル5Gシステムの置局設計モデルについて、更なる高度化、コストの低廉化に資する要素を洗い出し、検証する
- ・ ローカル5Gを活用したソリューションについて、本実証をとおして顕在化した課題について、機能等の見直しを検証し、解決手段を明確化する（本実証コンソーシアムメンバー外の事業者検討等）
- ・ ローカル5Gネットワークの提供に関するビジネスモデル検証
 - 提案～運用、保守までの一元提供の体制
 - サービス利用型検討 等

3) 検証結果及び考察

運用スキームについては、NTT西日本グループが全国を対象に提供する「ローカル5Gサービス」により、提案から電波シミュレーション、免許取得、構築、保守運用をワンパッケージで利用可能になるサービス利用型がユーザーの負担軽減には望ましいと考えます。

SI提供型の場合、ユーザー資産として拠点にシステム一式を導入・設置するため初期導入費（サーバー類の機器費・設置工事費・機器設定費など）に加え、ライセンス費が必要となり導入ハードルが高くなります。また、保守費用も案件個々の個別設計が一般的なためトータルで高額になります。

一方、NTT西日本グループが提供する「ローカル5Gサービス」では、こういった課題を解決するべくサービス提供しており、サービスモデルにサブスクリプションモデル・一括支払モデルの2種類を用意しています。サブスクリプションモデルは、初期費用を最低限に抑え、機器費（リース）と保守費が月額費用となります。一括支払モデルは、機器をリースではなくユーザー資産とすることで、月額費用を安価にすることが可能です。どちらもサービス提供となりますので、案件個々の個別設計でなく、サービス全体で提案から電波シミュレーション、免許取得、構築、保守運用をワンパッケージにしているため、SI提供よりも安価にローカル5Gを導入できます。

NTT西日本グループが提供する「ローカル5Gサービス」を土台に、その上で機能するソリューションを三菱ロジスネクスト社とともに提供するビジネスモデルが最適と考えます。

(3) ローカル 5G 活用モデルの構築

1) ローカル 5G 活用モデルの全体像

a. ターゲット

想定しているターゲットとしては、港湾事業者様（本実証では、夢洲コンテナターミナル様）です。港湾業界全体、地域等は限定せずに提案活動などの普及展開を図ります。今後の普及展開においては、本実証で取り組むヒアリング（10 の港湾事業者に実施）より、ローカル 5G の導入検討が可能な事業者様を明確にし、提案活動を進めます。

前提条件としては、以下が考えられます。

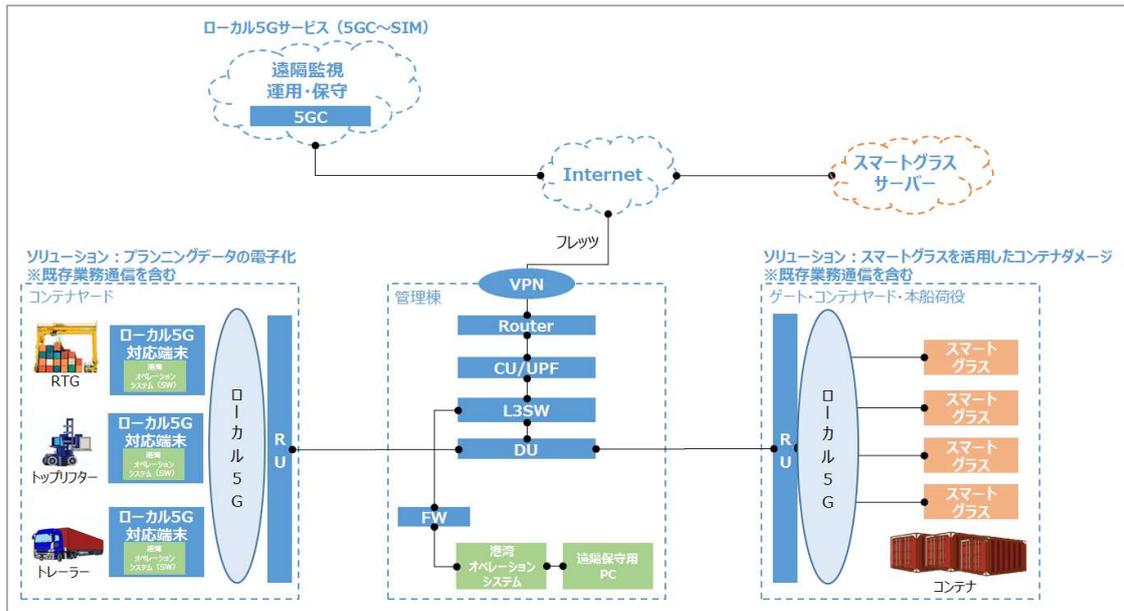
- ・ 本実証と同様の課題を有している
- ・ 既存無線ネットワークの更改時期が迫っている
- ・ コンテナヤードの延伸や更改計画がある
- ・ 港湾システムを導入している（三菱ロジスネクスト社製）
- ・ 照明塔設備などを有しており、本実証でのエリア設計ノウハウを流用できる

なお、ローカル 5G に対する「興味がある港湾」、「興味がない港湾」の共通点や相違点を分析し、前提条件の詳細化や今後の普及展開計画に活用します。

b. 対象となるシステム

ローカル 5G システムは、NTT 西日本グループの「ローカル 5G サービス」を活用することを想定しています。サービス利用型を活用することで、ローカル 5G の普及展開に課題となる「運用・保守コスト」の低減が可能になります。低減率は約 80%を見込んでおり、ローカル 5G の導入により実現するソリューションによってもたらされる、生産性向上や削減費用などの導入効果を踏まえるとユーザーにとって大きなメリットが得られる仕組みです。

「ローカル 5G サービス」をネットワークシステムの土台として活用し、その上で機能するソリューションは、本実証で取り組んだ「プランニングデータの電子化」に加え、昨年度実証で取り組んだ「スマートグラスを活用したコンテナダメージチェックの遠隔化」が対象となります。



青：業務ネットワークの高品質化に関するシステム
 緑：プランニングデータの電子化システム
 赤：スマートグラスを活用したコンテナダメージチェックシステム

図 4.3-193 システム概要図

ア) ソリューション：業務ネットワークの高品質化に関するシステム

港湾業界のDXを推進するためには、業務ネットワークの高品質化が必須です。業務ネットワークとして、広く普及している5GHz帯無線アクセスシステムの帯域は、コンテナヤード内での過去の実測値として最大30Mbps程度であり、多数の荷役機器（RTG・トップリフター・トレーラーなど）が常時データ通信を行う必要があり、帯域を圧迫しています。また、5GHz帯無線アクセスシステムに対応した業務用端末が少ないため、Wi-Fi（2.4GHz）に変換し通信を行っている場合もあり、電波干渉による通信がしにくくなるエリアが存在し不効率です。

ローカル5Gではコンテナヤード内での実測値として、平均スループットUL167Mbps、DL353Mbpsを測定できました。無線区間の遅延は14msec程度で計測、低遅延エンコーダー・デコーダー機能を搭載したシステムであれば映像遅延は214msec程度となり将来的なRTG遠隔操作の要件である250msec以内に収まります。

大容量で高品質なローカル5Gでの業務ネットワークが実現する世界観は、将来的な遠隔RTGを踏まえた様々な業務DXと既存の業務通信が1つのネットワークで運用可能になることで、更なる港湾業界のDXが推進され、国土交通省が提唱する「AIターミナル」の実現に寄与する姿です。

イ) ソリューション：プランニングデータの電子化システム

プランニングデータを電子化するメリットは以下の通りです。

- ・ 印刷経費、稼働の削減
- ・ RTGオペレーターのプラン作成稼働削減
- ・ プラン変更時の対応稼働削減
- ・ 安全性の向上

日々、本船からの荷揚げ作業、本船への積み込み業務ごとに複数種類のデータを印刷し、RTG の運転時に都度確認しながら業務を行っています。電子化することで、印刷経費（インク費・プリンターリース費・印刷に対応する稼働費）が削減可能です。印刷されたプランニングデータは、RTG オペレーターに渡され、RTG オペレーターはデータを確認し自身の作業手順を紙に書き込むなどの事前作業を行いますが、この事前作業を反映したデータを送信することで削減可能です。プランに変更が生じた場合は、変更分のプランを印刷し、RTG オペレーターに手渡ししていましたが、PDF データの送信により、変更時の対応稼働も最小限に抑えることが可能になります。安全性の向上については、通常、RTG は 2 組のペアで作業を進めますが、相手の作業進捗を紙と目視で確認し、作業スピードから作業の予測をし、RTG 同士の衝突事故が起こらないように移動しています。電子化により、これらの情報も反映可能（暗黙知であった作業進捗予測を形式化）になりました。これにより、RTG オペレーターは確認や考える時間が最小限になり、より作業に集中することが可能になり安全の向上につながります。

ウ) ソリューション：スマートグラスを活用したコンテナダメージチェック

ゲートや本船荷役、コンテナヤード内のトラブル時などでコンテナダメージチェックが行われています。コンテナターミナルに入ってくるタイミング、コンテナターミナルから出て行くタイミングでチェックが行われ、ターミナル内での保管期間にダメージが発生していないことを確認するための大切な業務です。しかしながら、ダメージ判断には有スキル者に判断を仰がなくてはならない場合があり、その都度、管理棟からダメージチェックの現地まで移動し目視確認、現物のダメージを写真に収める必要があり、この移動が不効率となっています。スマートグラスを活用すれば、管理等の有スキル者と現地とをリアルタイムにつなぐことができ、且つ、4K カメラ相当の映像で現地へ移動することなく正確なダメージチェック判断を行うことが可能となります。

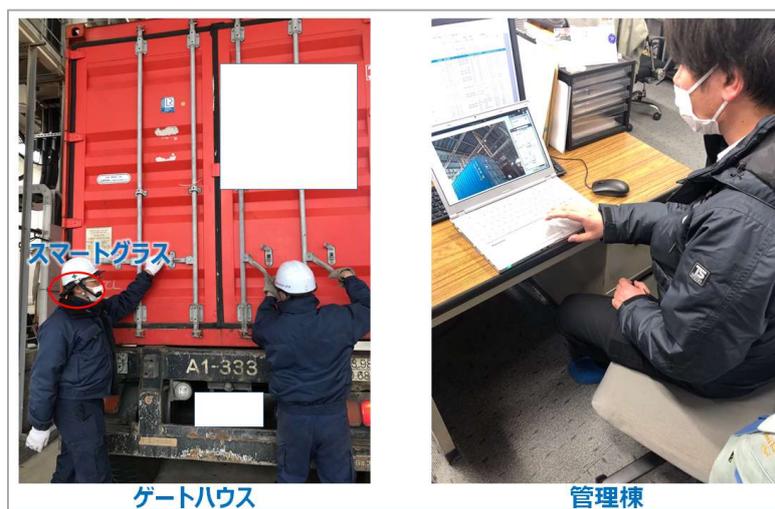


図 4.3-194 スマートグラスを活用したコンテナダメージチェックのイメージ

c. ビジネスモデル

NTT 西日本グループ	<ul style="list-style-type: none"> 「ローカル 5G サービス」の提供（構築、運用を含む） 各種 ICT ソリューション提供
三菱ロジスネクスト	<ul style="list-style-type: none"> 港湾システム及び港湾システムを活用したソリューションの提案・提供

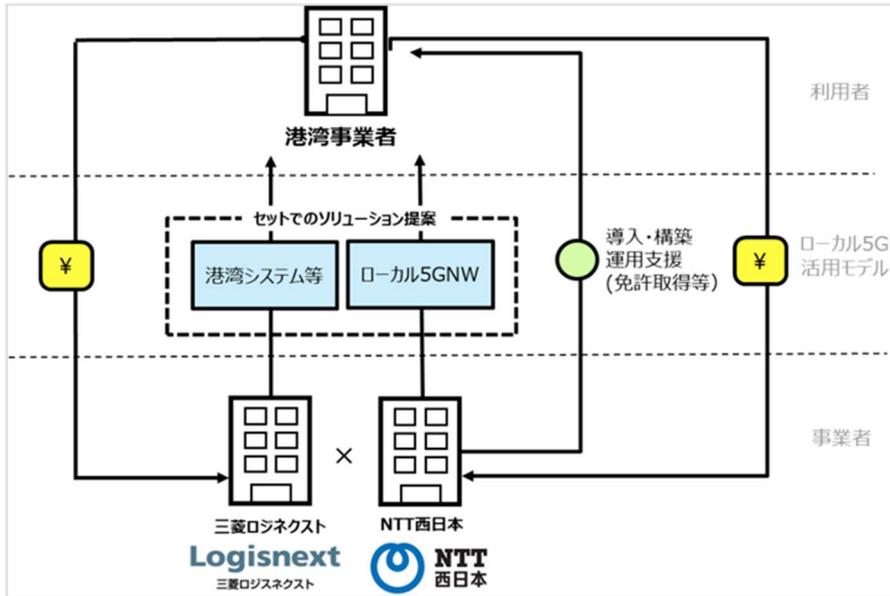


図 4.3-195 ビジネスモデル

2) 体制・役割分担

港湾運送事業者等 (ターミナルオペレーター)	<ul style="list-style-type: none"> ローカル 5G 活用モデルのユーザー 免許人
NTT 西日本グループ	<ul style="list-style-type: none"> 「ローカル 5G サービス」の提供（構築、運用を含む） 各種 ICT ソリューション提供
三菱ロジスネクスト	<ul style="list-style-type: none"> 港湾システム及び港湾システムを活用したソリューションの提案・提供

3) 導入効果

プランニングデータの電子により、印刷経費・付随する稼働の削減、RTG オペレーターの事前プラン確認・作成稼働の削減、プラン変更時の対応稼働削減などから年間約 560 万円の費用削減が可能になります。スマートグラスを活用したコンテナダメージチェックでは、各ゲート・本船荷役などに展開した場合、最大で年間 2,160 万円の費用削減が可能になります。毎年この導入効果が積み重なれば、ローカル 5G 導入費用を 5 年目以降で回収できることとなります。これは、既存の 5GHz 帯無線アクセスシステムでは実現できない収支計画です。ローカル 5G の大容量を活か

した複数ソリューションの同時機能による効果とサービス利用型の「ローカル 5G サービス」により実現します。

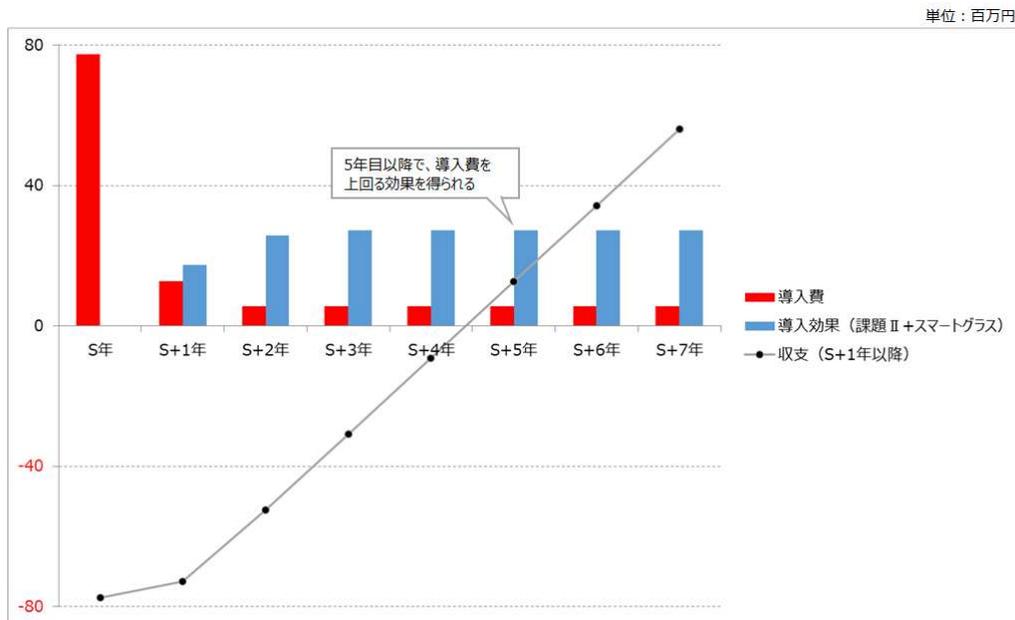


図 4.3-196 収支計画例

(4) 実装性を高める手法の検討及び実行

1) 検証項目

主に RTG 遠隔操作のネットワークとして、キャリア 5G ネットワークが採用されるケースがあります。港湾におけるローカル 5G 活用モデルの実現、実装性を高め、普及していくためには、

キャリア 5G を始めとした各種無線ネットワークとの比較により、港湾 DX において、ローカル 5G ネットワークの優位性を評価、検証する必要があると考えます。なお、他分野の代表的な事業者として、プラント事業者があると考えており、港湾 DX の展開性についても、同様の評価・検証を実施することで他分野への普及についても取り組みます。

また、5G ソリューション提供センターとの連携については、港湾向けソリューションのみに留まらず、他分野で活用されているような様々な ICT を活用することで、本実証で得た知見を最大化できると考えています。

現在、NTT 西日本グループでは、「スマート 10x」という戦略を提唱しており、社会課題を抱える 10 分野に対して、課題解決の取り組みを推進しています。この「スマート 10x」の取り組みを通じて開発される様々な ICT・ソリューションは、その分野に閉じることなく展開する方針のため、本実証で得た知見をもとに、活用可能なソリューションを、NTT 西日本グループが中心となり、選定、提案することで、本実証の効果を最大化できると考えています。

「スマート 10x」の取り組み実績として、NTT ビジネスソリューションズ (本コンソーシアムメンバー) より、2022 年 6 月 30 日にマネージドなローカル 5G である「ローカル 5G サービス」の提供を開始しております。本サービスと本実証結果を連携させることで、より一層のローカル 5G

ネットワークの普及展開が可能であると考えています。

【評価・検証項目】

- ① 港湾におけるネットワークとして、ローカル 5G ネットワークが他の無線ネットワークよりも優位性があること及び、その内容の明確化
- ② 他分野への展開として、前項で明確化した分野への普及展開性についての検討及び、それに必要な事業者等運用スキームやビジネスモデルの明確化
- ③ 5G ソリューション提供センターとの連携を前提とした、展開方法の検討



出典：(<https://www.ntt-west.co.jp/business/smart10x/>)

図 4.3-197 NTT 西日本グループが提唱する「スマート 10x」の事業分野



出典：(<https://www.nttbizsol.jp/newsrelease/202206301400000621.html>)

図 4.3-198 NTT ビジネスソリューションズ社「ローカル 5G サービス」

2) 検証方法

【検証方法】

- ① 港湾におけるネットワークとして、ローカル 5G が他の無線ネットワークよりも優位性があること
 - ・ 同環境において、5GHz 帯無線アクセスシステムで構成した時の費用比較
 - ・ ネットワークに求められる要件（機能及び性能）の明確化と、5GHz 帯無線アクセスシステムの比較
 - ・ 5GHz 帯無線アクセスシステムにおいて提供できるソリューションの比較（容量、遅延等実環境での実装性確認等）
- ② 他分野への展開として、前項で明確化した分野への普及展開性についての検討及び、それに必要な事業者等運用スキームやビジネスモデルの明確化
 - ・ プラント事業者を中心とした他分野が抱える課題の明確化
 - ・ 課題解決可能なソリューションの具体化（費用対効果等）
 - ・ ローカル 5G ネットワークが最適である理由の明確化（費用対効果等）
- ③ 5G ソリューション提供センターとの連携を前提とした、展開方法の検討
 - ・ 「スマート 10x」事業分野ごとのソリューションから、ローカル 5G ネットワークとの相性を鑑み、5G ソリューション提供センターとの連携に相応しいソリューションを選定し、「ローカル 5G サービス」と のセット提供方法を検討し具体化する

3) 検証結果及び考察

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（ソリューションを含む）の比較した結果、初期費用においてローカル 5G システムの方が約 1,500 万円高くなります。しかしながら、導入効果を見込めるソリューションとのセット導入となりますので、収支計画では導入から 5 年目で導入効果が費用を上回ります。更に、運用保守コストでは SI 提供型とサービス利用型の比較においては、SI 提供型に比べ、サービス利用型は約 80%の低減を実現できることが分かりました。

以上のことから、現状維持の 5GHz 無線アクセスシステムよりもサービス利用型のローカル 5G システムをソリューションとセットで導入することで、導入費用を回収しながらの運用が可能になります。サービス利用型により実装を高められると考えます。

4.3.3 ローカル 5G 活用モデルの実装に係る課題の抽出及び解決策の検討

(1) ローカル 5G 活用モデルの実装に係る課題

本実証において、プランニングデータソリューションについては、一部の RTG オペレーターから操作性、ユーザーインターフェース等についてのフィードバックによるソリューション改良を実証期間中に随時実施したため、大きな課題は顕在化していません。

また、ローカル 5G システムのネットワーク環境としても、コンテナターミナルの全域（80 地

点)において、平均 DL350Mbps/UL160Mbps を達成し、通信断によるオペレーション停止などのリスクも小さいと認められます。

ただし、コンテナ1個あたり20トン～40トン程度の重量物を取扱う環境であることから、ローカル5Gシステム環境において引き続き試験運用を行い、現場からの課題意識に対し真摯に対応しながら、ネットワークの更なる高品質化を狙うとともに、ソリューションの改善も必要に応じてアップデートします。

また、コンテナターミナルにおける運用費用低減を目指すため、商用運用時においては、NTT西日本グループが提供する、サブスクリプション型のローカル5Gサービスに移行する予定です。スムーズな移行を行うための対応を2023年度に実施します。

(2) ローカル5G活用モデルの実装に係る課題に対する解決策の検討

上記を踏まえ、2023年度以降、夢洲コンテナターミナルにおいて以下の対応を実施します。

表 4.3-155 2023年度以降の夢洲コンテナターミナルにおける対応(計画)

	実施主体	協力	実施内容
サブスクリプション型ローカル5Gシステムへのスムーズな移行 (2023年度)	NTT西日本	夢洲コンテナターミナル	「ローカル5Gサービス」と同様の基地局で実証を行い、性能測定。RAN設備など本実証環境からのスムーズな移行方法の検討及び実装
プランニングデータソリューションの磨き上げ (2023年度)	NTT西日本 三菱ロジネクス	夢洲コンテナターミナル	プランニングデータソリューションはRTG4基への実装に留まり、展開基数増加に向けた事業計画策定、ソリューション磨き上げ

4.3.4 ローカル5G活用モデルの実装・普及展開

(1) 実装・普及展開シナリオ

実装に係る課題は、主にローカル5Gシステムの「運用・保守コスト」になります。

解決策は、NTT西日本グループの「ローカル5Gサービス」を活用したコスト低減になります。SI提供型の場合は、運用・保守が個別設計になってしまうため、数千万円/年間と想定していますが、一方、サービス利用型であれば、数百万円/年間まで低減可能です。

その場合、機器の載せ替えなどが発生しますが、本実証の位置づけとしては、「ローカル5Gサービス」と同機種のシステムで有効性を示すことができる見込みですので、実装の前段階での機能検証を達成できたことになります。また、実証で構築した機器類は予備機(取替を不要とする方式についても検討中)として活用することで予備機にかかるコスト問題を解決致します。保守体制確保についても、「ローカル5Gサービス」のサービス範疇に含まれています。

(2) 実装計画

1) 実装計画の作成方法

ローカル 5G の実装計画について最重要検討事項は、「運用・保守コストを費用対効果に見込んだ上で収支が回るかどうか」です。ローカル 5G について、SI 提供型とサービス利用型の比較検討から開始する必要があります。結果、SI 提供型に比べ運用・保守コストが約 80%低減可能なサービス利用型の活用を選択しています。

また、既存の 5GHz 帯無線アクセスシステム更改費用との比較も必要です。特に、業務用端末までを考慮した比較が必要となり、Wi-Fi への変換器が不要など、ローカル 5G を導入する場合のメリットを明確にし、ソリューションによる DX 推進と合わせた効果を明確化します。

2) 実装計画の要約

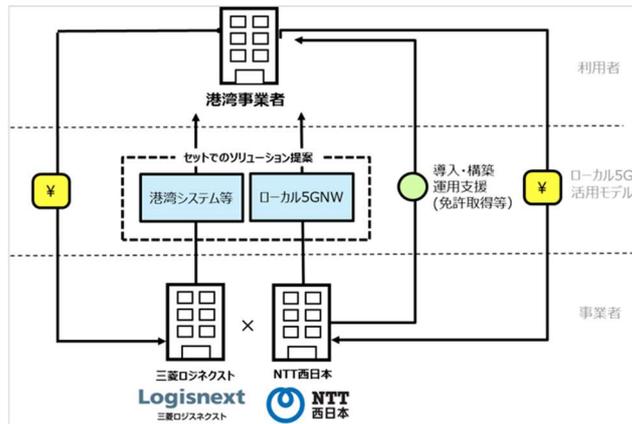
以下のタイムフレームにより、実装計画要約シートに掲げる実装計画を実行する。

表 4.3-156 実装計画のタイムフレーム

2023 年度	<ul style="list-style-type: none">開発実証で顕在化した課題について対応。構築したローカル 5G システムを活用しながら、以下の課題対応を図る。エリア設計に関する課題、ソリューションに関する課題、「ローカル 5G サービス」への切り替え対応を検討・準備を進める
2024 年度	<ul style="list-style-type: none">一部の実装となっていた、ローカル 5G 活用モデルに対し、ソリューションを含めた全体の実装を開始
2025～2027 年度	<ul style="list-style-type: none">更なるソリューション開発を行うと同時に、既存 NW 更改やヤード延伸に伴うローカル 5G 導入提案を他港湾等に対し、継続的に実施し、顧客拡大による「ローカル 5G サービス」の更なる洗練化、安定提供を目指す

■実装計画要約シート

開 11 代表機関名	西日本電信電話株式会社	分野	港湾
実証件名	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 の実現		
実施体制	西日本電信電話株式会社、三菱ロジスネクスト株式会社		



		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チェック (R3 年度課題実証)		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)ユーザーから得る対価		85,000	3,000	21,500	23,000	24,500
	(2)補助金・交付金		0	0	0	0	0
	(3)収入((1)+(2))		85,000	3,000	21,500	2,600	2,600
	(4)ネットワーク設置費		65,000	0	15,000	15,000	15,000
	(5)ネットワーク運用費		3,000	3,000	4,500	6,000	7,500
	(6)ソリューション購入費		13,000	0	2,000	2,000	2,000
	(7)ソリューション開発費		4,000	0	0	0	0
	(8)支出((4)+(5)+(6)+(7))		85,000	3,000	21,500	23,000	24,500
	(9)収支((3)-(8))		0	0	0	0	0

収入、支出の算定根拠

- ・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目指す

実装を確実にするための取り組み		どのようにして(手段、取組方法、アウトカム)	いつまでに
	提供コスト低減	「ローカル 5G サービス」の活用	2024 年度
	ソリューション追加開発	ローカル 5G 対応端末の選定	2023 年度
	顧客開拓	ヒアリングにより計画を策定	2023 年 3 月
	運用面の改善	「ローカル 5G サービス」の洗練化	2024 年度
	ルールメイキングへの貢献	特段対応事項なし	—

計画した収入を下回った場合の対応方法(資金調達など)

・本実装計画は投資が先行することではなく、支出が収入を下回る事態は想定していません。

a. 実施体制

免許人：夢洲コンテナターミナル

ローカル 5G 提供：NTT 西日本グループ（保守を含む）

港湾システム連携ソリューション：三菱ロジスネクスト+NTT 西日本グループ（保守を含む）

b. 実装計画（実施事項）

NW 高品質化ソリューション：ローカル 5G を基盤とした全体の港湾システムを検討し、特に業務端末の選定と構成を最新の開発情報を踏まえ、検討・決定する。

ア) プランニングデータソリューション

実証をとおして、どのような新たな課題が顕在化するか次第ではありますが、現時点での見込み（限定的ではありますが、数名の RTG オペレーターに運用開始前の事前テストを実施し、ソリューションとしての完成度が高い等の評価を頂いています）では、大きな改善は必要なく実装に移行できると考えております。

イ) ローカル 5G システム

NTT 西日本グループが提供する「ローカル 5G サービス」と同様の基地局で実証を行い、性能測定等は完了見込みです。2023 年度は、SI 提供型で各ソリューションの残課題を改善しながら、「ローカル 5G サービス」へのスムーズな移行方法を検討致します。2024 年度に向けて、RAN 設備等をそのままサービスで活用するなど、最小限の機器取替で移行が完了できることが検討ポイントです。

c. 収支計画

ア) 収支計画

【2023 年度】

費用：ローカル 5G システムに係るライセンス費・運用保守費
ソリューション実装に係る端末等の購入費

収入：システム利用者からの料金

【2024 年度】

費用：「ローカル 5G サービス」への移行に係る、機器費・SI 費・構築費・運用費守費
収入：システム利用者からの料金

【2025 年度】

費用：「ローカル 5G サービス」の運用保守費
収入：システム利用者からの料金

イ) ユーザーにおける必要リソース（モデルケース）

本実証箇所の夢洲コンテナターミナルは、1 事業者が運営するコンテナターミナルの規模とし

ては日本最大級の規模(延長 1350m×奥行 500m)であり、費用感の最大値の目安としては以下の通りを想定する。

表 4.3-157 ユーザーにおける必要リソース

項目		イニシャルコスト (初年度)	ランニングコスト (次年度以降、年間)
ローカル 5G システム		65,000 千円	3,000 千円
a.	ローカル 5G システム運用業務 (※自社で実施する場合)	0 千円	0 千円
b.	ローカル 5G システムに係る運用業務委託 (※他社に委託する場合)	65,000 千円	3,000 千円
ローカル 5G 活用モデルに係るソリューション		13,000 千円	2,000 千円
a.	プランニングデータソリューション	8,500 千円	0 千円
b.	スマートグラスコンテナダメージ チェック	4,500 千円	2,000 千円

d. 実装を確実にするための取り組み

ア) 提供コスト低減

ローカル 5G の運用保守費用に課題があるため、NTT 西日本グループが提供する「ローカル 5G サービス」の活用により、コスト低減を図ります。コスト低減率は、約 80%を想定しています。

イ) ソリューション追加開発

ソリューション追加開発が必要かどうかを踏まえて実証の中で明らかにします。

ウ) 顧客開拓

港湾事業者様がターゲットです。実証で取り組むヒアリング結果をもとに計画を策定します。

エ) 運用面の改善

実装には、ソリューションを含めた遠隔保守が必要と考えております。現状、ローカル 5GCPE 配下の端末へのダイレクトアクセスが不可のため、機能を有したルーターを設置するなどの構成を洗練化させます。

オ) ルールメイキングへの貢献

特段の対応事項はございません。

e. 計画した収入を下回った場合の対応方法（資金調達など）

本実装計画は投資が先行することではなく、支出が収入を下回る事態は想定していません。

5. 普及啓発活動の実施

5.1 映像制作

ローカル 5G の普及展開に向けて、NTT 西日本グループの広報担当と連携の上、実証の取組成果に係る映像を作成しました。

令和4年度 課題解決型ローカル5G 開発実証動画 撮影依頼書

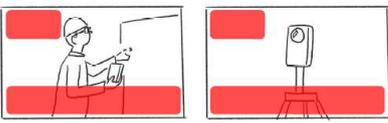
【開11】ローカル5Gを活用したコンテナプランニングデータのリアルタイム伝送等による港湾・コンテナターミナルのDXの実現

- ・カメラは、デジタルムービーカメラもしくはiphoneをご使用ください。
- ・動画サイズはフルHDの1920x1080以上、iphoneの場合は4K/30 fps (4K撮影が難しいようでしたら1080p/30 fps) をお願い致します。
- ・画角は「横長」をお願い致します。(iphoneで撮影する際に「縦」で撮影しないようご注意ください。)
- ・関係者以外の方や車両のナンバープレートが映らないようお願い致します。
- (権利上、映像の使用に許可が必要になる為です。映り込みが避けられない場合は、ぼかしを入れる等の対応をさせていただきます。)
- ・撮影時は、三脚などで、カメラ(iphone)を固定して頂き、手ブレの無いようお願い致します。
- ・暗い場所で撮影を行うと映像にノイズが入る可能性がありますので、できるだけ明るい状況での撮影をお願い致します。
- ・撮影の始まりと終わりは数秒の余裕を持って、1素材につき10秒以上撮影するようにお願い致します。
- ・アクションがある場合は2テイク以上の撮影をお願い致します。
- ・音声も使用する可能性がありますので、撮影時は、会話は控え下さいますようお願い致します。
- ・各要素を複数アングルで撮影するようお願い致します。

【下記の撮影をお願い致します】

- 1.コンテナターミナルの風景
- 2.普段のターミナルでの作業の様子
- 3.現場にてさまざまなデータをスタッフが送受信している様子、デバイスのアップ
- 4.ターミナル内にてカメラでダメージチェックをしている様子、デバイスのアップ
- 5.3や4のデータを遠隔で確認・整理している様子、画面のアップやスタッフの姿
- 6.プランニングデータを遠隔で管理・送信している様子
- 7.6を現場で受けている様子、そのデバイスを確認するスタッフのアップ
- 8.トレーラー待機場にてカメラで車両を撮影している様子、カメラのアップ
- 9.遠隔で8を確認・解析している様子、画面のアップやスタッフの姿
- 10.ポータルサイトで混雑情報を確認している様子、画面のアップ

【撮影時のアングルについての注意点】



・赤色の部分はタイトルが常に入りますので「中央やや上」のあたりに撮影対象がくるようお願いします。

図 5.1-1 映像制作絵コンテ例

5.2 実証視察会の実施

以下の通り実施しました。

表 5.2-1 実証視察会の実施概要

実施日	2023/3/1 (火) 14:30~16:30
実施形態	対面方式
場所・URL	大阪港夢洲コンテナターミナルC11 管理棟会議室
参加者	(見学者) 総務省(本省、近畿総合通信局)、民間企業、三菱総合研究所(合計8名) (コンソーシアム) NTT 西日本、三菱ロジネクス、夢洲コンテナターミナル、大阪港湾局、阪神国際港湾株式会社、京セラ京セラコミュニケーションシステム株式会社
資料	説明資料一式及びパンフレット(夢洲コンテナターミナル事業概要)
プログラム	<ol style="list-style-type: none"> 1. 開会、自己紹介等 2. 夢洲コンテナターミナル紹介(施設概要を含む) 3. NTT 西日本の取り組みについて 4. 実証内容・進捗の報告 5. 質疑応答 6. 現地視察(プランニングデータ詳細説明を含む) <ul style="list-style-type: none"> ・RTGの作業状況含むコンテナターミナルオペレーション見学(管理棟屋上より) ・ローカル5GシステムNW設備見学(管理棟内)、トレーラー待機場の混雑状況可視化ソリューションの管理画面、RTGの作業状況(遠隔モニター) 7. 締め括り質疑 8. 閉会
主な質疑	<p>Q: 実証で苦労した点はなにか。</p> <p>A: プランニングデータ電子化ソリューションの運用定着化である。一人ひとりのRTGオペレーターに機能や操作方法を含め理解してもらい、実務で活用頂くために勉強会を開催し改善要望をヒアリング、操作方法のレクチャーなど細やかに取り組んだ。継続して定着化に取り組む。</p>

5.3 その他普及啓発活動

各種講演会、報道機関及び業界紙等からの取材を受ける等、実証成果及び関連事業の普及啓発活動に積極的に取り組んだ。取組内容は、NTT 西日本グループ主催で、NTT 西日本のお客様や関連企業が多数参加する、NTT コレクションでの情報発信を実施しました。実績は以下の通りです。

また、本実証を通じて得られたローカル 5G を用いたソリューションに関する情報提供（ソフトウェアやドキュメント類等）を、貴社・総務省様との協議の上、5G ソリューション提供センターへ行いました。また、本実証を踏まえた港湾・コンテナターミナル業務や横展開が可能な分野におけるソリューションの活用案や実装に向けた課題をまとめるなど、実現に向けた協力を行いました。

表 5.3-1 その他普及啓発活動の実績

No.	種類	時期	内容
1	プレスリリース	2023 年 1 月 30 日	大阪・関西万博開催予定地である夢洲のコンテナターミナルにおける「ローカル 5G を活用した港湾・コンテナターミナルの DX の実現」に向けた実証実験の開始について https://www.ntt-west.co.jp/news/2301/230130a.html
2	Web 記事	2023 年 1 月 31 日	「NTT 西日本や大阪市など 7 者、夢洲で「ローカル 5G を活用した港湾・コンテナターミナルの DX の実現」に向けた実証実験を実施」インプレス社クラウド Watch に No. 1 のプレスリリースに基づく記事の掲載 https://cloud.watch.impress.co.jp/docs/news/1474342.html
3	新聞掲載	2023 年 1 月 1 日	通信興行新聞 2023 新年特集号「NTT 西日本年頭所感」の中で言及
4	新聞掲載	2023 年 3 月 29 日 (予定)	電波新聞社「ローカル 5G」の特集記事内で掲載予定
5	地方公共団体の政策ペーパー	2023 年 4 月 (予定)	「大阪市 ICT 戦略」の取組計画である「大阪市 DX 戦略アクションプラン」に事例として記載される見込み
6	取材、Web 記事	2023 年 4 月 (予定)	スマート IoT 推進フォーラムにおいて、取材を受け、事例一覧に追加される予定 https://smartiot-forum.jp/iot-val-team/iot-case
7	視察会の開催	2023 年 3 月 10 日	本事業における実証視察会の他、港湾事業者を対象に視察会を実施 (参加人数 6 名)

6. 実施体制

6.1 実施体制の全体像

本提案では西日本電信電話株式会社を全体統括及び技術実証、課題実証リーダーとし、夢洲コンテナターミナル株式会社、三菱ロジスネクスト株式会社、京セラコミュニケーションシステム株式会社、NTT ビジネスソリューションズ株式会社、阪神国際港湾株式会社と取り組みました。

政策は大阪港湾局がリーダーとして、西日本電話株式会社、夢洲コンテナターミナル株式会社、三菱ロジスネクスト株式会社、阪神国際港湾株式会社で取り組みました。

- プロジェクトマネージャー：
西日本電話株式会社 関西支店 ビジネス営業部 SE担当課長
- 技術実証担当者：
西日本電話株式会社 関西支店 ビジネス営業部 SE担当
- 会計担当：
西日本電話株式会社 関西支店 ビジネス営業部 法人営業担当

本実証に係るローカル 5G 装置や工事及び分析などについて、想定する委託先は以下となります。

- ローカル 5G 装置：
京セラコミュニケーションシステム株式会社、サムスン電子ジャパン株式会社
- 工事：
有限会社森電工、株式会社マイスターエンジニアリング
- プランニングデータの電子化に向けたアプリ開発：
ロジスネクスト近畿株式会社、三菱ロジスネクスト株式会社
- 混雑可視化システムの構築
アイテック株式会社
- 待機場周辺における混雑可視化の分析、及び混雑予測ポータルサイトの開発
株式会社 NSD 先端技術研究所
- 端末の調達
兼松株式会社、FCNT 株式会社

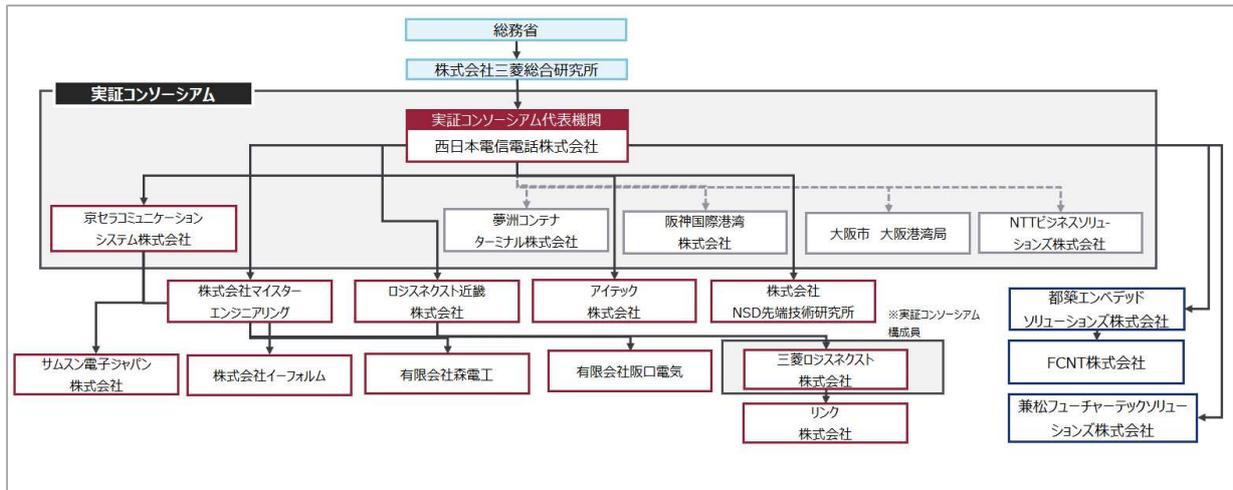


図 6.1-1 実施体制図

6.2 実施体制内の役割

本提案のコンソーシアムメンバーは、西日本電信電話株式会社、夢洲コンテナターミナル株式会社、三菱ロジスネクスト株式会社、大阪港湾局、阪神国際港湾株式会社、京セラコミュニケーションシステム株式会社、NTT ビジネスソリューションズ株式会社で構成されており、実装を見据えた実証体制としました。

全体統括及び課題実証、技術実証リーダーとして、西日本電信電話株式会社がプロジェクトの管理を行いつつ、それぞれの実証を中心となって進めました。

〈西日本電信電話株式会社〉

- 全体統括（応募申請、契約、WG 運営）
- 実証システムの設計、調達、構築、運用
- 本実証結果を活用した他港湾事業者へのシステム提案及び導入の推進
- 港湾業務の DX 化に向けた各種政策検討への知見提供
- 報告書の作成

〈夢洲コンテナターミナル株式会社〉

- 実証フィールドの提供
- 港湾業務の課題抽出及び知見提供
- 課題実証の評価
- 実装、自走の検討
- 報告書の作成

〈三菱ロジスネクスト株式会社〉

- 実証の実施
- 港湾業務システムに関する課題抽出と知見提供
- その他関連システム、荷役機器に関する課題抽出及び知見提供
- 本実証結果を活用した他港湾事業者へのシステム提案及び導入の推進
- 報告書の作成

〈大阪港湾局〉

- ・ 実証フィールドの提供
- ・ 実証フィールド周辺道路利用等の各種調整
- ・ 港湾 DX 化に向けた各種政策検討及び知見提供
- ・ 大阪港における他ターミナルへの展開検討
- ・ 報告書の作成

〈阪神国際港湾株式会社〉

- ・ 阪神港のコンテナターミナル及び港湾システムに関する課題抽出と知見提供
- ・ 阪神港における他ターミナルへの展開検討
- ・ 報告書の作成

〈京セラコミュニケーションシステム株式会社〉

- ・ ローカル 5G 関連装置の調達、設計、設定、運用
- ・ 技術実証の実行（計画、測定、分析、考察、評価等）
- ・ エリア設計検討
- ・ 報告書の作成

〈NTT ビジネスソリューションズ株式会社〉

- ・ ローカル 5G の普及展開施策検討
- ・ 他港湾事業者への横展開方法検討

<p>西日本電信電話株式会社 コンソーシアム代表者</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 全体統括（応募申請、契約、WG運営） ・ コンソーシアム全体管理 <p>技術・課題グループ</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 実証全体システムの設計、調達、構築、運用 ・ 実証全体の実行管理（計画、実施、分析、評価等） ・ 本実証結果を活用した他港湾事業者へのシステム提案及び導入の推進 ・ 港湾業務のDX化に向けた各種政策検討への知見提供 ・ 報告書の作成 	<p>夢洲コンテナターミナル株式会社</p> <p>課題グループ</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 実証フィールドの提供 ・ 港湾業務の課題抽出及び知見提供 ・ 課題実証の評価 ・ 実装、自走の検討 ・ 報告書の作成 	<p>三菱ロジスネクスト株式会社</p> <p>課題グループ</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 実証の実施 ・ 港湾業務システムに関する課題抽出と知見提供 ・ その他関連システム、荷役機器に関する課題抽出及び知見提供 ・ 本実証結果を活用した他港湾事業者へのシステム提案及び導入の推進 ・ 報告書の作成 	<p>阪神国際港湾株式会社</p> <p>課題グループ</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 阪神港のコンテナターミナルに関する課題抽出と知見提供 ・ 港湾関連システムに関する課題抽出及び知見提供 ・ 阪神港における他ターミナルへの展開検討 ・ 報告書の作成
<p>大阪港湾局</p> <p>政策グループ</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 実証フィールドの提供 ・ 実証フィールド周辺環境利用等の各種調整 ・ 港湾DX化に向けた各種政策検討 ・ 大阪港における他ターミナルへの展開検討 ・ 報告書の作成 	<p>京セラコミュニケーションシステム株式会社</p> <p>技術グループ</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ ローカル5G関連装置の調達、設計、設定、運用 ・ 技術実証の実行（計画、測定、分析、考察、評価等） ・ エリア設計検討 ・ 報告書の作成 	<p>NTTビジネスソリューションズ株式会社</p> <p>技術・課題グループ</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ ローカル5Gに関する技術的及びソリューションに関するノウハウの提供 ・ 他港湾事業者への展開検討 ・ 動画作成、視察会等の実証全体支援 ・ 報告書の作成 	

図 6.2-1 実施体制内の役割

7. スケジュール

実証スケジュールに関して、免許申請、技術実証（ローカル 5G システム構築を含む）、課題実証の観点での全体スケジュールは以下の通りです。

〈免許申請〉

11 月中旬の免許交付を目標に、6 月中旬には近畿総合通信局殿へ免許申請の事前相談（頭出し）を行い、干渉調整を順次開始しました。

8 月上旬から電波干渉調整を開始し、9 月初旬に完了しました。免許申請は9 月上旬から申請資料作成を行い、10 月上旬には近畿総合通信局殿に提出を行い、申請内容の確認を行って頂き修正の後、11 月上旬に申請資料提出を完了しました。

〈技術実証〉

2 月の実証完了を目標に、機器調達を進め 12 月には全機器の調達を完了させました。

実証のリスク低減を目的に 11 月上旬から調達した機器を順次ラボに持ち込み、11 月末を目途に事前の接続性検証を進めました。

各システム構築は、11 月中旬より電源、配線工事等から進め、事前ラボ検証の後、12 月末を目途に物理的な構築作業を進め、中旬には実証フィールドでの接続性試験までを完了させました。

12 月下旬から技術実証を開始し、電波伝搬特性の精緻化について 2 月中旬まで実施しました。

〈課題実証〉

I. 業務 NW の高品質化、II. プランニングデータの電子化、III. 混雑状況の可視化による車両平準化の 3 つを同時並行で実施しました。

各システムの構築は、ローカル 5G システム構築と合わせて実施することとし、12 月上旬から 12 月下旬をその期間としています。

1 月中旬には全体システムの接続試験が完了し、1 月下旬から 2 月下旬までを課題実証期間として取り組みました。

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【開発実証事業】

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

2023年3月

西日本電信電話株式会社
