

報 告 書

地域自営 IoT 無線システムの 社会実証に向けた技術試験

令和 5 年 3 月

一般社団法人 全国自動車無線連合会

報 告 書

地域自営 IoT 無線システムの社会実証に向けた技術試験

令和5年3月

一般社団法人 全国自動車無線連合会

報告書の中で記述がある「LoRa®」はセムテック社の登録商標である

地域自営 IoT 無線システムの社会実証に向けた技術試験

報告書目次

| | | |
|------|--------------------|----|
| 第1章 | 目的及び実施計画 | |
| 1. 1 | IoT 無線システムの技術試験計画 | 1 |
| 1. 2 | 試験用 IoT 無線システムの設営 | 9 |
| 1. 3 | 試験用疑似システムの構成及び設計 | 11 |
| 1. 4 | 無線機器に対する要求仕様と基本設計 | 14 |
| 1. 5 | 疑似ソフトウェアの基本検討 | 24 |
| 1. 6 | 試験用通信環境の設営 | 26 |
| 1. 7 | 無線局の制度化に向けた検討 | 34 |
| 1. 8 | 全体実施スケジュール | 35 |
| 1. 9 | 実施体制 | 36 |
| 第2章 | 技術試験の実施 | |
| 2. 1 | 地域自営 IoT 無線システムの役割 | 39 |
| 2. 2 | 技術試験の目的 | |
| 2. 3 | 技術試験実施計画 | |
| 2. 4 | 第1回技術試験の実施状況 | 45 |
| 2. 5 | 技術試験実施結果の補足 | 53 |
| 第3章 | 技術試験のシステム構成及び機能仕様 | |
| 3. 1 | 技術試験の概要 | 65 |
| 3. 2 | システムの全体構成 | |
| 3. 3 | システム構成方法の検討 | 70 |
| 3. 4 | 無線通信の前提条件 | |
| 3. 5 | 各システムにおける基地局・指令台機能 | 71 |
| 3. 6 | 無線機ソフトウェア | 77 |
| 3. 7 | ソフトウェアの種類 | 78 |
| 3. 8 | 無線機のハードウェア構成 | |
| 3. 9 | 無線通信プロトコル | 80 |

| | | |
|------|--------------------------|-----|
| 第4章 | 技術試験結果の報告 | |
| 4. 1 | 技術試験の実施概要 | 85 |
| 4. 2 | システム総合試験の実施内容 | |
| 4. 3 | 試験実施スケジュール | 86 |
| 4. 4 | 総合試験の実施状況 | 87 |
| 4. 5 | 各アプリケーション機能確認リスト | 89 |
| 4. 6 | 指令台画面例及び表示遷移例 | 90 |
| 4. 7 | 試験結果のまとめ | 97 |
| 第5章 | 無線局制度化の検討 | |
| 5. 1 | 地域自営 IoT 無線システムの目的と役割 | 103 |
| 5. 2 | ユースケースと期待 | 104 |
| 5. 3 | 制度化の検討課題 | 106 |
| 5. 4 | 技術的条件の確保 | 108 |
| 5. 5 | その他の検討事項 | 111 |
| 5. 6 | 規定案の取りまとめ | 112 |
| 5. 7 | 目的別審査基準の検討 | 117 |
| 5. 8 | 周波数割当計画に対する考察 | 120 |
| 第6章 | 社会実証試験の実施 | |
| 6. 1 | 社会実証試験計画の概要 | 123 |
| 6. 2 | 社会実証試験の実施状況 | 124 |
| 6. 3 | 3つのアプリケーションモード | 126 |
| 6. 4 | 社会実証試験結果の評価 | 133 |
| 第7章 | 提 言 | |
| 7. 1 | 地域自営 IoT 無線の社会的役割 | 135 |
| 7. 2 | 地域自営 IoT 無線の目的 | 136 |
| 7. 3 | 社会実証試験の成果 | 137 |
| 7. 4 | 無線システムの評価 | 138 |
| 7. 5 | 導入普及推進策 | 139 |
| | [添付資料] | 141 |
| | 資料1 ソフトウェアに関する付属資料 | |
| | 資料2 共同無線及び IoT サービスの料金調査 | |
| | 資料3 調査検討会 | |

第1章 目的及び実施計画

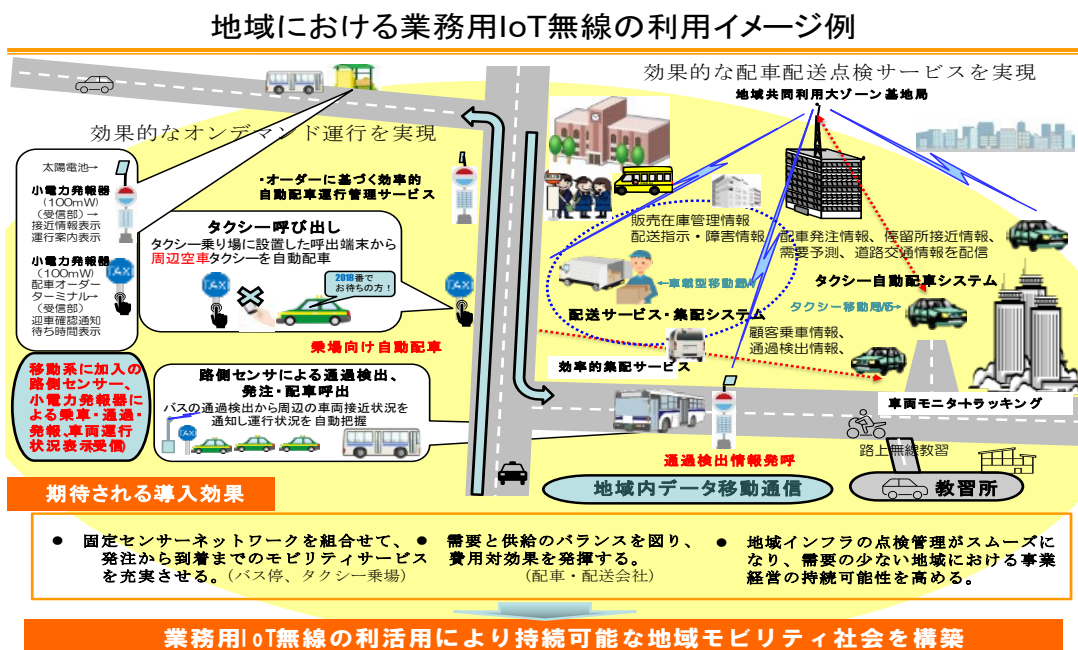
1.1 IoT 無線システムの技術試験計画

1.1.1 技術試験の目的

広域で一体的な生活・経済圏を形成する大都市及びその周辺地域において、交通や車両による様々な地域事業や輸送・配送サービスの自動化スマート化を図るデジタル変革（以下、「DX」という。）が期待され、車両を使った地域事業において業務用 IoT 無線による途切れないデジタル移動通信と広域圏をカバーする経済的な IoT 無線システムが求められている。

この業務用 IoT 無線サービスには、ビッグデータなど莫大なデータ情報を伝送・処理する事業者経営効果・業務効率化を発揮するだけでなく、取り扱うデータ量や通信頻度が比較的少ない地域事業者にとっても、有効な DX 効果や改善力が期待できるが、そのシステムの導入や運用に多額のデジタル投資とランニングコストの課題を抱えている。

本地域自営 IoT 無線は、上記の地域事業者向けの小容量データ移動通信システムの構築・運用に適し、周波数をはじめ基地局通信インフラを共同利用し、周波数有効利用等に適した共同無線である。また、この地域自営 IoT 無線は、高所に設置された大ゾーン無線基地局の特徴を活かし、広範な通信ゾーン内に展開する車両を使った多様な地域事業に効果的かつ適切な IoT データ通信を行うものであり、その利用イメージ例を下図に示す。本技術試験は、広がる濃尾平野平地を検証フィールドとして、車両に技術試験用実験試験局を搭載してデータ通信技術試験を行い、社会実装に向けた利用効果と技術及びシステムの有効性・優位性等を実証するものである。




1.1.2 地域自営 IoT 無線システムの概要

(1) 技術適応性及び技術的条件

本地域自営 IoT 無線システムは、通信信頼性の高い LoRa®変調方式を採用し、長距離通信とビル陰等へのデジタル通信を確保できる高出力ライセンス無線局を利用するもので下表に示すような技術適合性、多業務適用性、通信性能などのシステム適用性が検証されている。

① システムの適用性

| 汎用性、技術性能、経済性 | ⇒ | 適用効果（検証目標） |
|---|--|--|
| 1.LoRa®変調拡散方式の IoT 移動通信 2.地域共同利用型の大ゾーン基地局 3.地域共同利用型の基地局インフラ 4.長距離通信・小電力小型無線機 5.製作価格の検証、無線局免許取得 6.小電力無線端末との組合せが可能 7.地域専用周波数によるライセンス局 8.IP 接続、ショートメッセージを実現 |  | 1.通信信頼性が高く長距離通信が可能 2.通信インフラの構築運用コスト削減 3.地域共同利用、運用保守管理委託 4.広域での共同利用効果を検証 5.端末の小型低廉化、免許制度化 6.点検センサー、固定モニターに利用 7.共用・干渉の無い地域電波を利用 8.スマホ発注・検索モニターを実現 |

② 技術的条件

本技術試験で用いる IoT 無線システムの技術的条件を下表に示す。

| | |
|----------|-----------------------|
| 占有周波数帯幅 | 125kHz |
| 送受信周波数帯 | 450MHz 帯（送受信間隔 8MHz） |
| 周波数拡散定数 | SF 7(128chip/symbol) |
| 実効伝送速度 | 5.47kbps |
| 誤り訂正符号化率 | 4/5（オーバーヘッド 1.25） |
| 実効受信感度 | -125dBm 1%PER |
| LSI 送信出力 | +5dBm～+17dBm プログラム制御可 |
| 送信電力 | 5W（基地局、移動局）（低減制御） |

③ システムの適性能力

これまでの技術試験及び帯域占有等の検討から本無線システムは通信頻度が数十秒未満の高トラフィック通信には適さない代わりに、通信頻度の比較的少ないデータ通信に適し、大ゾーン基地局や山上基地局に適用して、その利用効果を広範囲に発揮できる IoT 無線システムである。

そうしたことから、その社会実証試験や採用するアプリケーションは、通信頻度が比較的少ない大都市郊外及びその周辺地域の中小規模事業者向けの車載型の各種業務用IoT 移動通信に適している。また、そうした地域では、一事業者（単独）では、経済的にも基地局等の通信インフラの構築・整備・維持が難しいため、周波数、基地局サーバ等の通信インフラの共同利用や共同配車、配送委託等の共同集配、共同利用に適するものである。

(2) 疑似システムの検討

社会実証に向けた技術試験のための通信検証用の疑似システムとし、車両通過検出や情報センサーなどの自動取得や自動発呼機能の取入れやアプリケーションの高度化（充実）のシステム設計は行わない。地域共同利用の無線回線の限られた情報に特化した車両を使った多様なアプリケーションの地域事業に、ほぼ共通的に活用できる検証用疑似システムとして以下のとおり検討する。

- ① 昨年度のニーズ把握状況とそれらの適用性からほぼ共通的な技術試験用疑似アプリケーションを検討し、地域のシステムニーズから求められる通信システムの共通項を見出すことに焦点を当てて検討した。それに基づいてアプリケーションの分類とそれらの性格、複数アプリケーションによるシステムインフラの共有方法、システムの構成、共有インフラハードウェアと端末装置の構成などを具体的に検討する。
- ② 次に具体的なニーズを特定して疑似システム構成について検討し、それぞれのシステム、装置の概要に基づいて具体的な基本設計を行う。各試験用アプリケーションの各システムセンタ(指令台)と、システム全体の中心となる基地局無線装置とその背骨とも言える基地局サーバの位置づけと機能対応について検討し、基地局とアプリケーションの関係を明確にする。
- ③ システム構成、疑似アプリケーションの種類などの方向付けを行い、それを基にシステム基本設計とソフトウェア基本設計の検討を行う。具体的には、ひとつの基地局で複数のユーザーの種類異なるアプリケーションで、同時に通信する。また、複数のユーザー毎の指令台センタ機能を、その各システムユーザーが共有する基地局サーバに有線などで接続した基地局共有システムを構築することができるシステムとする。

1.1.3 ニーズの把握とシステムの種類

(1) ニーズ調査状況

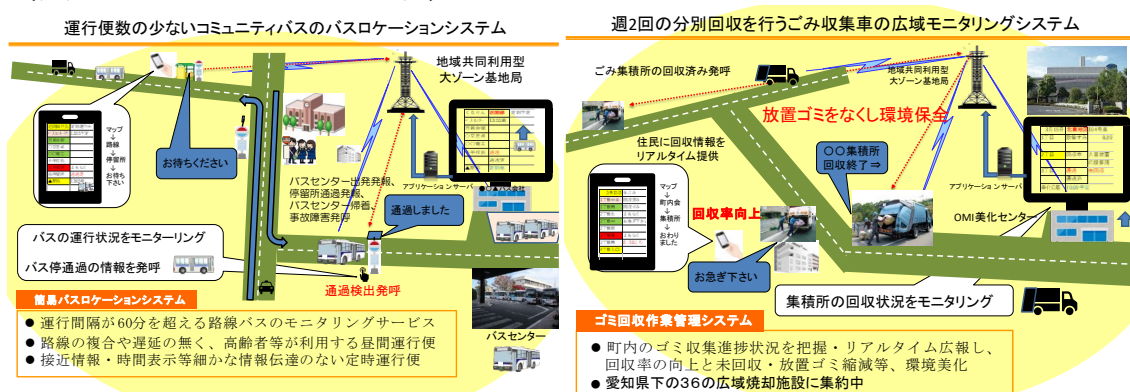
昨年度、愛知県及び周辺部における車載系IoT無線の利用ニーズについてヒアリング調査等を行った。その結果、車両を使用した移動体データ通信の需要動向及び利用課題がとりまとめられた。特に、DX化に対応する地域自営IoT無線システムの必要性や期待を含めた利用動向を取りまとめ、それを踏まえて、大都市周辺部における通信頻度が少ないIoT通信のシステム構築と利用課題について検討し、その利用形態（ユースケース）を検討した。

その一つとして、例えばバスロケーションシステムであれば、運行間隔が比較的長いオンデマンドでの交通システムなどに焦点を当てた。地域交通のみならず自治体が管理する車両のトラッキング、例えばゴミ収集、道路補修工事車両のような運行・動態管理用データ通信システムも対象になろう。

昨年度の調査検討でも大ゾーン基地局のトラフィックと収容局数が議論されたが、車載系地域自営IoT無線システムにおいてはリアルタイムでの多数端末の動態・位置把握はむやみにトラフィックが増大して全体の利用効率が上がらない。一方、トラフィックの低いところにシステム(チャンネル)毎、あるいはユーザー毎に周波数を割当てることは非常に周波数の利用効率が良くないことは明白である。

昨年度のニーズ把握の結果からも比較的低い通信トラフィックでの複数のアプリケーション利用が期待されており、こうしたアプリケーションをひとつのIoT通信インフラシステムで地域共有して支援できれば周波数の有効利用は一層、図られることになり、かつ、車両を使った各種地域事業のDX化を経済的にも推進できることになる。

〔検討されたユースケースの一例〕



〔この他に実現化が検討された例〕

- 搬送中の品質管理が求められるコンクリートミキサー車の生コン搬送管理システム
- LPガス検診回収情報管理システム（ガス残量検索・効率的回収作業の管理）
- 自動車路上教習検定のAI支援（運転教習情報の自動記録、教習指導員作業支援）

(2) 想定アプリケーションの検討

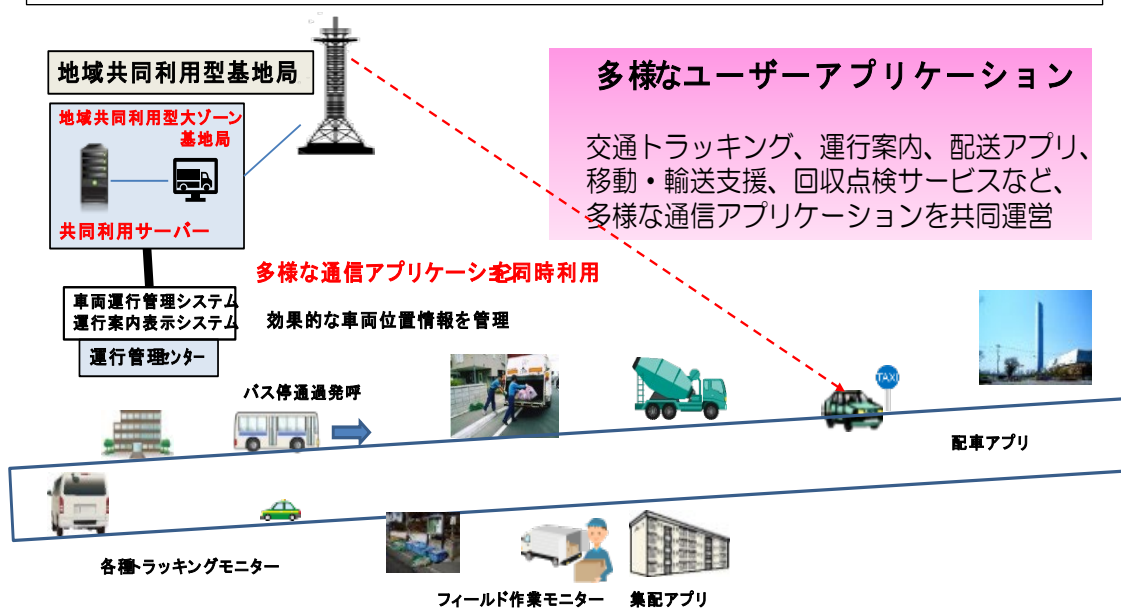
以上のニーズ把握から、社会実証に向けた技術試験として、下表のようなアプリケーションを想定してシステムを検討した。これらのニーズを大別すると次のように3つに整理でき、それらの部分組合せも想定できる。また、基地局を含むサーバの共有も含めて通信インフラを活用することによって、車両の動態作業管理やオンデマンド配送への対応はかなり出てくると思われる。

- ① バスロケ、タクシー等のオンデマンド配車アプリケーション
- ② 共通的なトラッキングモニターシステム（フィールドモニター）
- ③ 物品等の配送管理用の動態管理システム

これまでの共同無線は、MCA 無線のように基地局設備を共同利用しながらも、電波（周波数）自体はユーザー毎に使うものが主流であり、タクシー無線のように共同配車組合等を免許主体として一つの電波を共同利用するものはまれである。

本地域自営 IoT 無線システムは、地域単位に周波数を割当、電波（周波数）そのものを地域共同利用して各ユーザーアプリケーションで同時共同運用しようとする試みの技術試験である。下表の3つの検証アプリケーションを対象に、地域毎のひとつの電波によって複数のアプリケーションを同時に試せるか、技術的な検討を行い、技術試験による社会実装を目指すこととする。

| 検証アプリケーション | 主な利用目的 |
|-----------------------|--------------------|
| ① 運行頻度の少ないバスロケへの適用性検証 | ① 発着、通過通報等の運行管理 |
| ② ゴミ収集車動態作業管理システム | ② 集積所の回収、搬送の作業報告 |
| ③ タクシー配車マッチングへの適用性の検討 | ③ タクシー配車マッチング機能の検証 |



1.1.4 想定される検証システム例

以上のことから、検証対象となる実用システム例は、以下の3例にまとめられる。

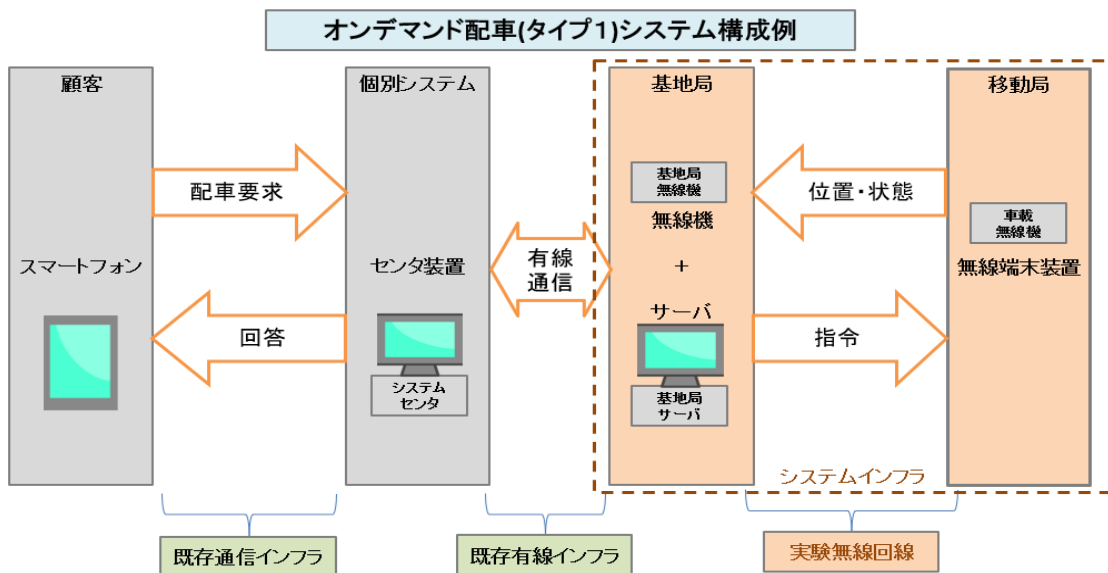
このうちタイプ2は、移動体の位置把握と移動体の状態を管理する基本システムとなるもので、タイプ1及びタイプ3は、その拡張と言える。

すなわち無線回線で伝送される各車両の位置・動態・作業情報をトランスペアレント的に共通利用して個々のユーザーアプリケーションを実現しようとするものである。

- (1) タイプ1：バスロケーションシステムやタクシー配車など移動体とシステム管理者の他に顧客などの情報利用者が存在する業務システム

この業務システムでは、顧客、システムセンタ及び移動体との間で交換される情報は、大別すると以下のとおりである。

| 情報の流れ | |
|-------|----------------------|
| ① | 移動体の位置と状態(センタへ) |
| ② | 顧客の要求(移動体を介さず直接センタへ) |
| ③ | センタから移動体への指令(移動体へ) |
| ④ | センタから顧客への応答情報伝達(顧客へ) |



技術試験では通信密度(トラフィック)が高くないことを前提に、バスロケーションも比較的簡素なコミュニティバスロケーションを想定する。また、オンデマンドバス運行、タクシー配車などを前提にシステム検討した。

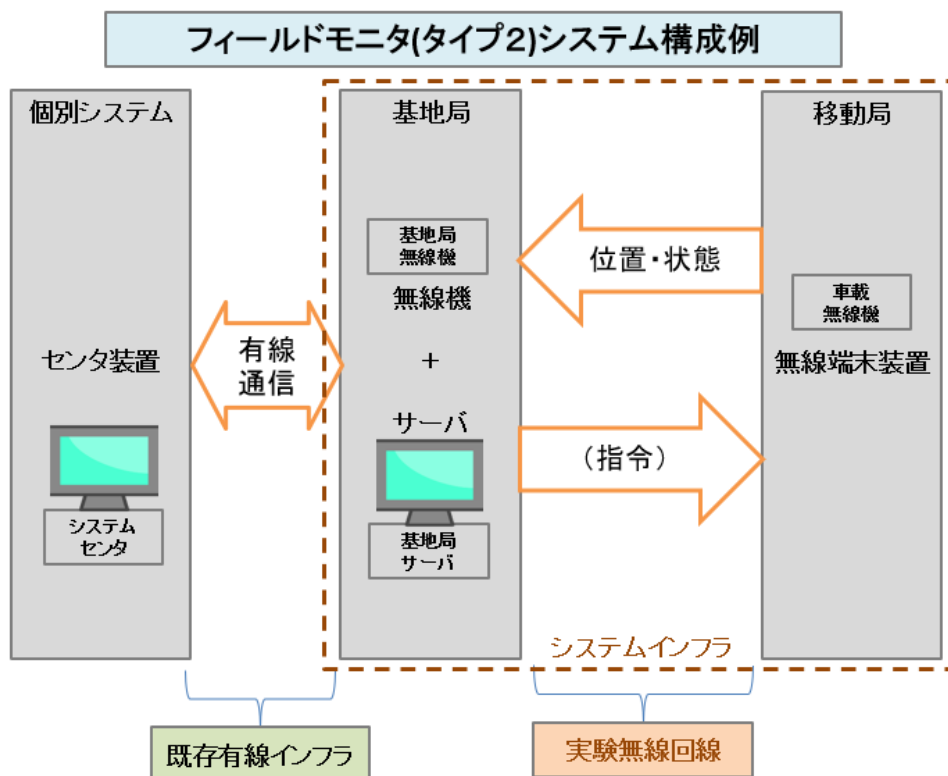
(2) タイプ2：移動体の位置把握と移動体の状態を管理(モニター)する基本システム

ゴミ収集車や工事作業車などがどこで何をしているかを把握し、時によりシステムセンタからの指示を伝達する基本的フィールドモニターシステムである。

このシステムでは、システムセンタと移動体との間で交換される情報は、移動体の運行管理と作業管理に求められる下表の基本情報であり、単純に移動体の稼働状況を把握表示するシステムである。指令は緊急などの定常的でない情報を与える。

システムセンタから移動体の位置情報を第三者に伝える手段をもてば、タイプ1の簡易バスロケーションシステム等への拡張性を持つ動態管理システムとなる。

| 情報の流れ |
|----------------------|
| ① 移動体の位置と状態 (センタへ) |
| ② センタから移動体への指令(移動体へ) |

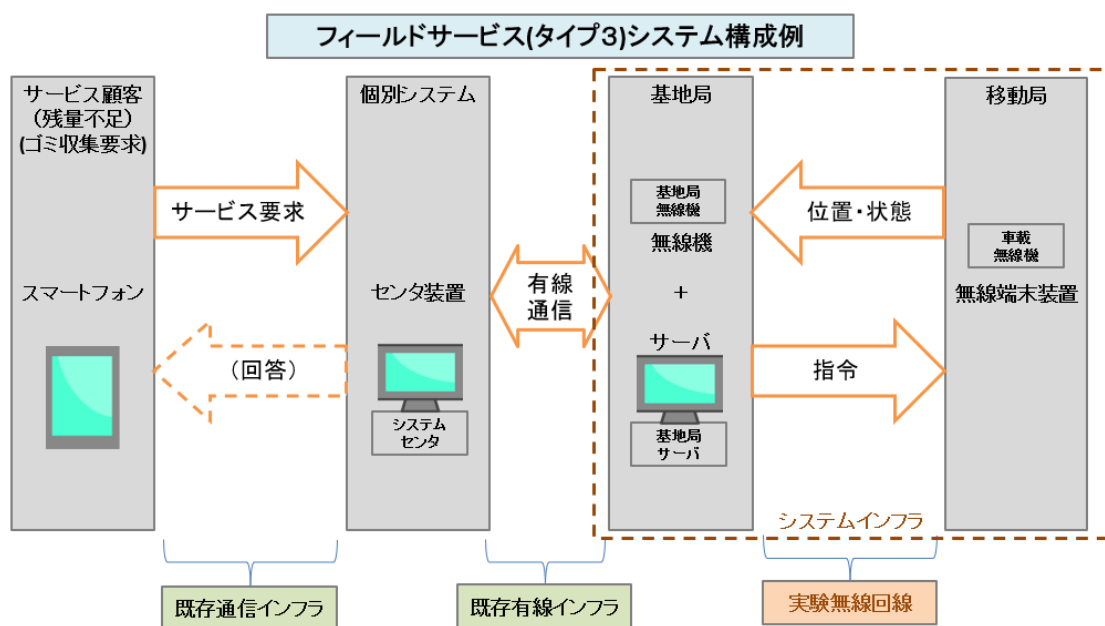


(3) タイプ 3：移動体の動態管理の他に、積載物品等の追跡管理、移動体外での作業員の作業進捗管理などを複合したシステム

このシステムでは、システムセンタと移動体との間で交換される情報は、下表の独立した情報である。このシステムはオンデマンドバスに似たシステムではあるが、サービス要求情報と移動体の対応動作はリアルタイムではない、移動体の運行管理者、作業管理者が必要とする比較的ゆったりとした、リアルタイム管理の必要性の低いサービスシステムである。生コンクリート配送サービスや自動車路上教習管理は、このシステムの応用となる。

積載物などの情報は必ずしも移動体に積載されている情報だけでなく、家庭などに設置されたプロパンガスの残量情報であったり、ゴミ集積場の集荷要請情報であったり、生コンクリートの次の配送要求などのサービス要求情報を各ユーザーシステムが取り込むことになる。これは個別システムセンタが情報収集し、移動体経由で個別システムセンタに伝達されるもので、これも広い意味でのデマンド情報のやり取りである。

| 情報の流れ |
|---|
| ① 移動体の位置と状態(センタへ) |
| ② 積載物などの情報、状態 (センタへ) |
| ③ サービス要求情報(残量、補給要求等) (移動体を介さず直接センタへ) |
| ④ センタからの指令 (移動体へ) |



1. 2 試験用IoT無線システムの設営

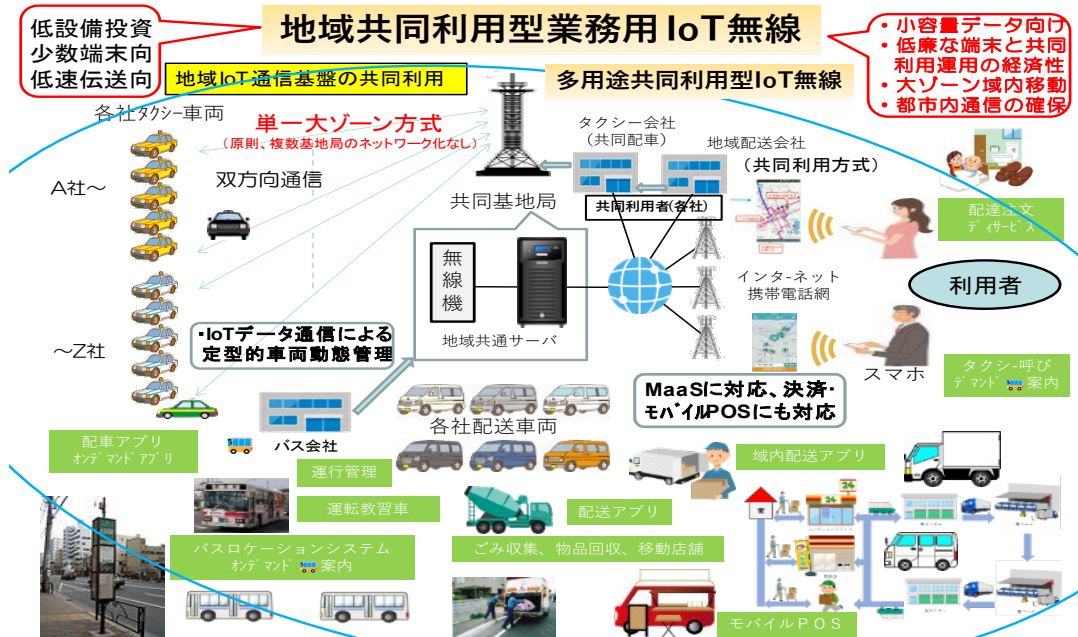
1.2.1 技術試験フィールド候補地

愛知県日進市地域をモデルとして技術試験環境を計画する。

下図に示した活用イメージから、バスロケーション、ゴミ収集車、タクシー配車などのユーザーアプリケーションを想定したモデル実証試験を行い、その他の移動体を使ったユーザーアプリケーションへの拡張可能性についても検討する。



〔活用イメージ例〕



1.2.2 想定試験アプリケーション

名古屋市の東山スカイタワーに実験試験局（基地局相当）を設営し、試験フィールドにおいて行われる車両（最大15台）による地域活動業務を疑似した複数のアプリケーションによる通信技術試験行うもので、アプリケーションサービスの検証ではない。

| 通信技術試験用・想定アプリケーション例 | | サービスの概要 |
|---------------------|---|-----------------------------|
| ① | 巡回バス運行管理システム（簡易バスロケーション） （バス運行状態監視、運行管理情報表示を含む） （市内巡回バス7路線、市内乗入路線の運行動態管理） | 市内巡回バス7路線7台 市内乗入れ路線1路線1台 |
| ② | 一般廃棄物収集車動態モニターシステム （回収作業進捗管理、収集車トラッキングモニター） | 市内4ブロック週2回収 広域収集、集中搬送処理 |
| ③ | タクシー地域共同配車供給システム （配車アプリとの接続、駅前乗場への共同配車通報） | 近隣供給会社1社 |
| 拡張性検討アプリケーション例 | | サービスの概要 |
| ④ | 自動車教習トラッキング管理サービス（自動車学校） （路上教習車トラッキングモニター） | 自動車学校の路上教習の 管理支援 |
| ⑤ | プロパンガス等検針回収システム（夜間検針・昼間回収） （LPG配給所：夜間検針、回収車トラッキング） | 回収事業者の要望調査 |
| ⑥ | 生コンクリートミキサー車（配送管理モニター） | 製造所、配送事業者調査 |

〔日進市コミュニティバス等の運行状況〕

| 市町村名 | バス名称 | | | | | | 車両数 | 路線 | 便数 | バス叩 |
|--------|------------------|-----------------|------|-----|------|-----|--------|----|---------|------|
| 日進市 | 日進市内巡回バス「くるりんばす」 | | | | | | ミニバス | 7 | 87 | 有 |
| | 路線名 | 路線型式 | バス停数 | 出発地 | 入構駅名 | | 車両数 | 便数 | 運転間隔 | バス叩 |
| 1 | 赤池線 | 巡回型 | 26 | 市役所 | 赤池 | 日進 | 1 | 11 | 60～98分 | 有 |
| 2 | 米野木線 | 巡回型 | 25 | 市役所 | 米野木 | 日進 | 1 | 11 | 70～85分 | 有 |
| 3 | 三本木線 | 巡回型 | 26 | 市役所 | 米野木 | | 1 | 11 | 70～85分 | 有 |
| 4 | 梅森線 | 巡回型 | 27 | 市役所 | — | | 1 | 11 | 70～80分 | 有 |
| 5 | 五色園線 | 巡回型 | 24 | 市役所 | 長久手 | | 1 | 11 | 70～100分 | 有 |
| 6 | 岩崎線 | 巡回型 | 33 | 市役所 | — | | 1 | 11 | 70～100分 | 有 |
| 7 | 循環線 | 巡回型 | 9 | 市役所 | 日進 | | 1 | 21 | 35～40分 | 有 |
| 計 | 7路線 | | 170 | | | | 7 | | | |
| 域内乗入路線 | | 乗入会社、域内バス停数 | | | | | 車両運行状況 | | | |
| | 路線名 | 運行会社 | バス停数 | 経由地 | 入構駅名 | | 車両数 | 便数 | 運転間隔 | バス叩 |
| 1 | 赤池-長久手 | 名鉄バス | 7+12 | 市役所 | 赤池 | 長久手 | | | 60～80分 | 有（無） |
| 域内タクシー | | 日進市近郊：10グループ18社 | | | | | | | | |

1. 3 試験用疑似システムの構成及び設計

1.3.1 技術試験用疑似システム構成

1.1.4 で述べた情報の発生源とその流れを考慮して共通のシステムインフラとするには、情報の共通な活用事項を取り出して通信設計及び機器構成とすることが肝要である。

すなわち 1.1.4 で記述した各構成図のタイプ 1~3 の「システムインフラ」の破線枠が共通部分の機器設備となり、個別システムのセンタ装置とシステムインフラ(基地局サーバ)の接続は、IP 有線接続とすることによって柔軟性ある接続が期待できる。

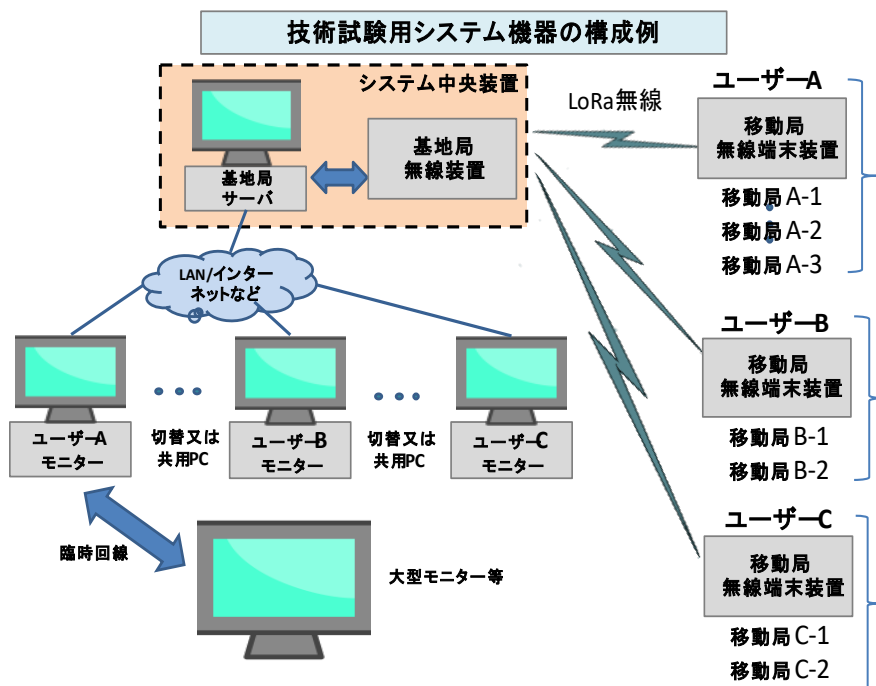
実用システムでは基地局サーバの一部をクラウドとサーバとすることも可能となる。

1.3.2 システム全体の具体的構成と基本設計

以上を踏まえたシステム構成図を下図に示す。複数のアプリケーションシステムセンタを収容又は接続し、それぞれが基地局サーバを共有できる構成とする。

各アプリケーションシステムソフトウェアは、それぞれのシステムのセンタ設備に実装され、必要に応じて指令台、案内板などのディスプレイなどへの接続を可能とする。

タイプ 2 の移動体モニターは、個別システムセンタのコンソール画面に地図を表示して、その地図上に移動体のアイコンを表示するものである。そのアイコンを移動体の状態に応じて色などを変更し、簡単な文字を加えることも可能となる。



システムセンタ設備がシステム外部からの情報、例えば電話からの情報や、専用端末を接続することも想定できる。こうしたことで外部からの配車要求や物品配送の状態照会などの情報、すなわちシステムに対するデマンド情報を取り込めるようにすることが可能となる。

これらの機能は情報量の大小やその内容が若干異なるが、情報の流れや接続方法はほぼ同じである。これによりシステムのタイプ1及びタイプ3の実現が可能となる。

1.3.3 システム接続と端末機能

(1) システム構成設備の相互接続

システム共有インフラとしての基地局サーバと個別のシステムセンタ装置との接続インタフェースの形態は、原則としてインターネットプロトコル(IP)であり、サーバとしてのインタフェース様式を詳細設計する。

共有システムサーバの中でのデータはトランスペアレントとしてコード化され、各システムのセンタシステムでの翻訳機能が用意されることにより、マンマシンインタフェースの改善(ユーザフレンドリ)が可能となる。

(2) 移動体端末機器の機能

一方、移動体端末におけるマンマシンインタフェースは単純にして最小限にする必要がある。今回の技術試験では、ひとつの押しボタンスイッチとロータリ選択ツマミ及びLCD表示により、多様な選択と表示が可能になるように検討する。今回は社会実証のための技術試験なので、汎用的なハードウェアでの実現をすることになるが、実用導入の際は専用のマンマシンインタフェースとすべきである。あるいは移動体の車両と無線端末機器を接続することによって、移動体のドアの開閉や停車場案内信号等のセンサー信号を取り込む設計ができれば、バスロケーションシステムのための手動操作は全く必要がなくなる。ハンズフリーの実現で効率的で安全確保が可能となる。

(3) 個別システムの操作とソフトウェアの機能(疑似システムと実用システムの違い)

社会実証に向けた技術試験の実施においては、実用時のように要求情報や顧客情報がタイムリーに準備できるとも限らず、また各機器にそのための専従操作者が用意できるわけでもない。そうした状況を踏まえて、短期間のシステム機能のシミュレーションができるように、擬似的なシステムソフトウェアを設計する必要がある。

社会実証のための技術試験としては、基地局サーバ、個別システムセンタ毎の評価が必要である。また、技術試験の評価・総括・報告を行う者が、常に全体の動作を試験進行中に全体の監視と機能の評価に努める必要がある。

1.3.4 システムにおける無線接続(プロトコル)

LoRa®変調方式を基本に検討・設計し、これまで実施したタクシー配車疑似システムで導入したプロトコルを見直し、より信頼性の高い無線通信を実現することとする。

(1) 無線接続の課題

通信頻度の少ない IoT 通信を対象に共同利用すると言っても、いかに多くの移動体を収容するかシステムの課題はある。そのため、いかに上りの情報量を少なくして、移動体が送信する情報の衝突を低減するかである。これまでのタクシー配車疑似システムでも重要な課題として設計に取り組んで、一定の成果を得ているが、今回の技術試験についても同様のシステムの無線通信方式を検討する。

すなわち GPS 信号による時刻同期の制御と、正確なタイムスロット配置による衝突防止と再送回数低減である。特に複数の業務システムがひとつの無線通信インフラ上で通信を行うので、タイムスロットの割り当てと、送信データの長さには十分な検討が必要である。社会実証に向けた技術試験では、収容する移動体の数(移動局数)は限られているが、設計上の収容可能数も評価する必要がある。

(2) 情報量・伝送頻度の評価

(1)とは別に、下り情報量の大きさ、伝送頻度についても評価しておく必要がある。特に複数の性格の違うシステムが共有する基地局を通して移動局に情報を伝達する必要があるので、下りの伝送時間の確保と上りとの競合防止にも配慮が必要である。

基地局無線機は同時送受信が可能であるが、移動局は半復信として同時送受信はできないので下りの情報を送出する場合は事前に対象局の閉塞(送信禁止)の処置をする必要がある。

(3) 誤り制御

LoRa®専用の LSI は自動誤り訂正機能を内蔵してはいるものの、エラーフリーにはなり得ず、レイリーフェーディングなどでパケット誤りが間欠的に発生する。

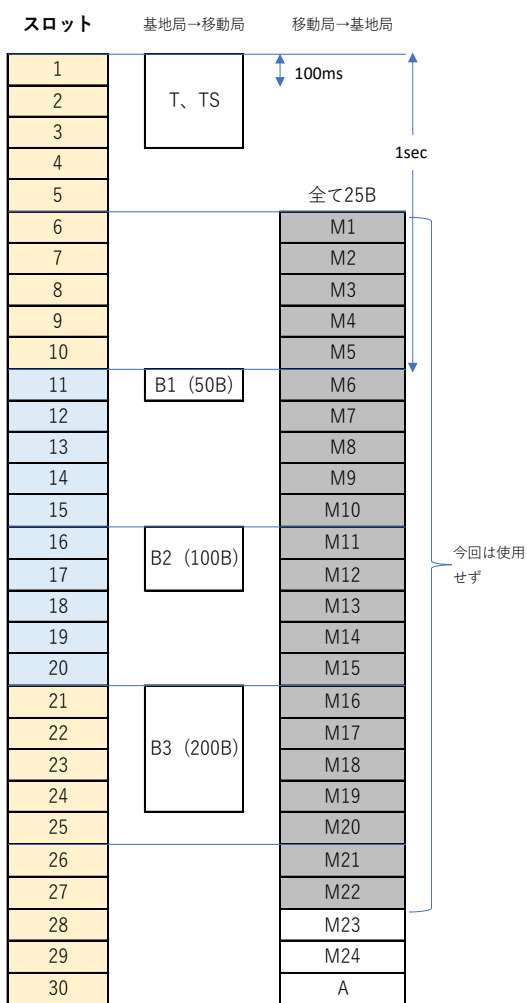
下りのデータが長くなってくると誤りに遭遇する頻度(確率)が高くなる。そうした時に受信側で誤りを検出、データ受信ができない等により情報の再送を要求することが必要になる。

この手順はシステム共通の周波数利用効率を一時的に劣化させる要因になる。Ack/Nack での応答を最小限にしつつ情報伝達の信頼度を向上させる必要がある。長い情報は分割して伝送し、たとえ誤りが発生しても部分再送で目的を達成する手順も伝送効率向上に効果的である。

(4) スロット制御の事例

以下は、これまでのタクシー配車疑似システムでのスロット制御の事例であり、参考までに掲載する。

図 スロットの構成と機能割り当て



基地局送信

T パケット : 時刻通報及び 3 秒での位置情報通知への Ack、送信3秒ブロック番号

TS パケット : T パケット及び引き続いて送信するメッセージの個別 ID(セレクション)指定)

B1~B3 パケット : 上記セレクションで指定した移動局宛の宛先 ID、メッセージデータ。3ブロック連続伝送とし、50, 100, 200 バイト固定とする。

各移動局に対するメッセージは順次 3 分毎に送信する。よって 1 台の移動局はおよそ 36 分毎にメッセージを受信する。また基地局モニター PC の操作で随時移動局を指定してメッセージを送信できる。

移動局送信

M パケット : 移動局の位置通報パケット 第 6~第 29 スロットを使用する。

セレクション(TS)を受信した場合には、以後メッセージ受信まで(3 秒間)位置通知を M パケットを送信しない。

A パケット : 移動局への個別メッセージ伝送に対する Ack/Nack のみに使用し、第 30 スロットのみを使用する。

1. 4 無線機器に対する要求仕様と基本設計

LoRa@変調方式の長所・短所を多面的に検討してきたので、それを踏まえてシステムの一部の構成としての検討を行う。

1.4.1 技術試験用無線機の要求設計諸元

| 項 目 | 区 分 | 諸 元 値 | 備 考 |
|---------------|---------|------------------------|------------------------------|
| 周 波 数 [MHz] | 上り(移動局) | 458.55MHz | |
| | 下り(基地局) | 450.55MHz | 連続送信可能(FD) |
| 占有周波数帯幅 [kHz] | | 125kHz 以下 | |
| 電波型式 | | 125K G1D | LoRa®変調チャープ [®] CSS |
| 伝送速度 [kbps] | | 4.8kbps 以上 | |
| パケット長 [byte] | | 最大 25byte | 伝搬試験時のみ |
| 出 力 [W] | 移動局 | 5W | 低減可能(制御方式) |
| | 基地局 | 5W | 低減可能 |
| 周波数偏差 | | 3ppm 以内 | |
| スプリアス強度 | | 2.5 μ W 以下 | |
| 通達距離 [km] | | 30km 以上目標 | |
| 受信感度 [dBm] | (基地局) | -125dBm/1%PER 目標 | モジュールカタログ値 |
| | (移動局) | -125dBm/1%PER 目標 | 同上 |
| 使用空中線 | (基地局) | (送信) 無指向性 (受信) 無指向性 | (受信)塔頂増幅器使用、 ダイバーシティ2本 |
| | (移動局) | (送受信) 無指向性 | |

1.4.2 要求諸元の検討

(1) 受信感度 (-125dBm)

令和2年度に試作した実験試験局において確認した性能では受信感度は、およそ -122dBm であり、LSI 単体のメーカーカタログ値の性能にはわずかに届いていない。カタログ公称値では-125dBm という極めて微弱な信号レベルであり、一般の試験環境では目的信号が周辺ノイズに埋もれて測定ができない状況である。環境変化に非常に敏感であり再現性も不安定である。令和2年度の測定は無線機メーカーの電波暗室を借用して測定した。無線機の実装組み立てにおいても特段の配慮が必要で、モジュールのシールドは購入状態で実施されている。入力信号、電源配線、制御信号などの配置などについても十分に注意をして配置設計をし、組立にも注意が肝要である。そうした状況でも LSI 単体のカタログ値を実現することは非常に難しいと言わざるを得ない。

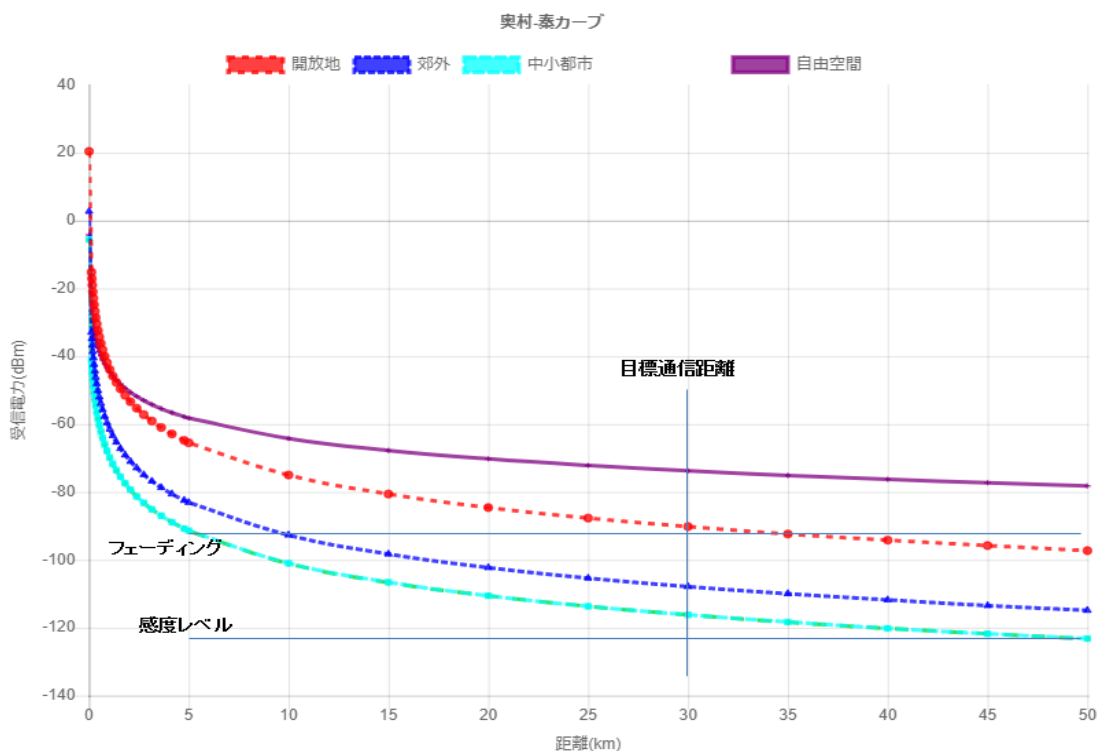
なお、昨年度の電波暗室での評価は上記の通りであるが、実際の市街地走行でのパケット伝送においては受信感度-107dBm、S/N は-12dB という厳しい状況であり、簡易に逆算すると雑音レベルが-95dBm 以上という状況に見える。ノイズに埋もれた信号を拾うという状況である。

(2) 通達距離 (30km 以上)

条件は指定されていないが概略の伝搬損失を検討してみる。

下図は奥村・秦カーブを Web サイトで計算したものである。

本地域自営 IoT 無線の技術的条件を考慮し、計算条件は 周波数 450MHz、送信電力 5W、送信空中線高 100m、受信空中線高 2m、空中線利得 (送受とも) 2.14dBi とした。



計算結果から、中小都市(水色)では距離 30km でおおよそ-113dBm で静止状態であれば十分通信可能である。一般的に市街地での移動通信ではレイリーフェーディングがその通信の成否を左右することが多く、おおよそ 30dB の変動(落ち込み)があるとされている。

令和 2 年度に行った測定結果から、受信感度を-122dBm とするとフェーディング無しで-90dBm 程度が確保でき、走行中でも比較的安定した通信が可能と推定できる。計算結果からは開放地(赤色)であれば距離 30km でも走行中の通信も安定するとみられる。

なお LoRa®の受信機能の中には FEC(自動誤り訂正)機能があり、レイリーフェーディングによるわずかなビットエラーであれば、補完できると考えられるが、そのアルゴリズムや改善量が公表されていないので、定量的な評価ができないと言えよう。

なお感度-122dBm はその FEC の改善を含んだ値であることも理解が必要である。

(3) ダイバーシティ受信

令和2年度の電波伝搬試験では、基地局受信ではスペースダイバーシティの効果을期待して基地局受信アンテナ2本と受信機2台を組み込んでどちらか正常受信した方のデータを採用する方式とした。アンテナ間隔は約7波長。A,B2つの受信出力を通常はAだけ受信していて、Aの受信が誤り検出あるいは同期不成立の時にBの受信データを採用する方式である。

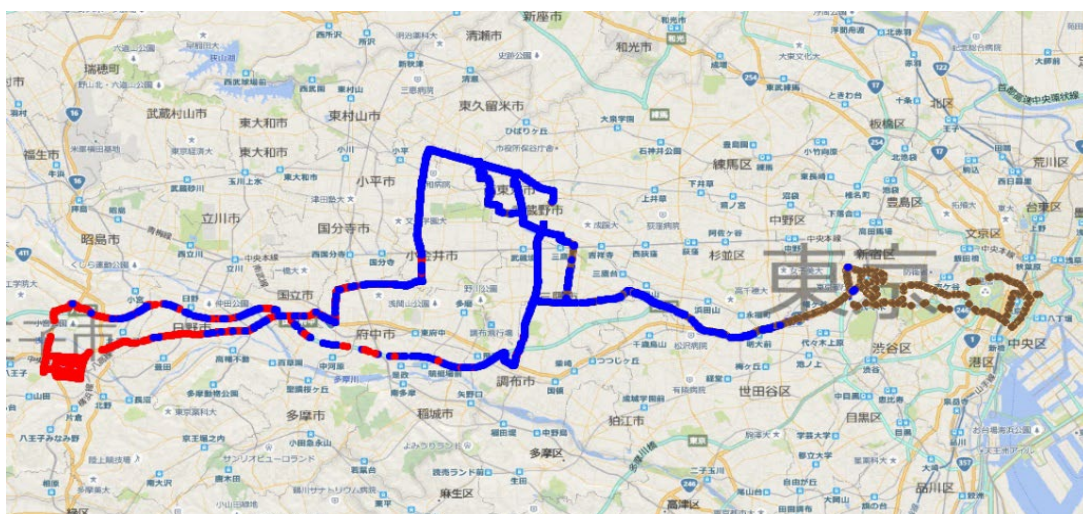
移動速度(フェーディング周期)、扱う情報のパケットの大きさ、通信頻度、通信方向とアンテナ位置など多くのパラメータが影響するので、一概にダイバーシティ受信の効果がどれほどかというのはそれを目的とした試験通信でない場合には、定量化することが極めて難しい。また、今回の電波伝搬試験については、移動局の最大送信電力が2Wから5W(4dBの改善)に増大していることも勘案する必要がある。

なお、令和元年度に行ったダイバーシティ受信試験では、2つのいずれかの受信機がより大きく感度抑圧を受けていた可能性もあり、十分なダイバーシティ効果の検証とは言い切れない状況であったし、また、ビル屋上の建造物に遮られたアンテナ配置となったため、全方位でのダイバーシティ効果検証が得られにくい状況であった。



今回は、実験試験局(基地局相当)を設営する東山タワーから東方向へは十分な開放と離隔が得られているが、西方向に対しては、他のパラボラアンテナ等に遮蔽されており、ダイバーシティ試験の環境条件が悪いため、ダイバーシティ試験においては、社会実証試験のための通信機能の確認やアプリケーション検証とは切り離して、感度抑圧や近接波などの電波環境調査を事前に行い、東方向でのダイバーシティ“あり・なし”の詳細な比較評価試験を行うことが必要である。

[令和2年度の評価事例] 基地局受信 2受信機 片側のみ受信(赤、茶のプロット)



1.4.3 無線機の構成方法

(1) 無線モジュールによる変復調部

LoRa®用セムテック製 LSI を採用した無線モジュールを活用する。量産時には LSI を直接無線用プリント基板に実装することが小型化、原価低減に効果的である。

社会実証試験では台数も少なく時間も制約されるので、LSI 単体ではなく周辺回路を集積した既製品の無線モジュールを導入するので、自由度、性能に制約がある。

次に LoRa®無線モジュールとそれに内蔵される LSI の概要について述べる。

無線モジュールは LoRa®無線機のコア部分である。セムテック社の SX1278 を内蔵し、水晶発振器、フィルタなどを内蔵している。Ai-Thinker 社製の Ra-02 というモジュールである。LSI 周辺の設計時間短縮のためにモジュールとして市販されているものを採用する。SX1278 には送受信機能、変復調、周波数シンセサイザ、誤り訂正機能、送信電力制御などの無線通信機能が含まれていて、外部からそれらの制御が可能である。制御インタフェースは SPI バスによる。

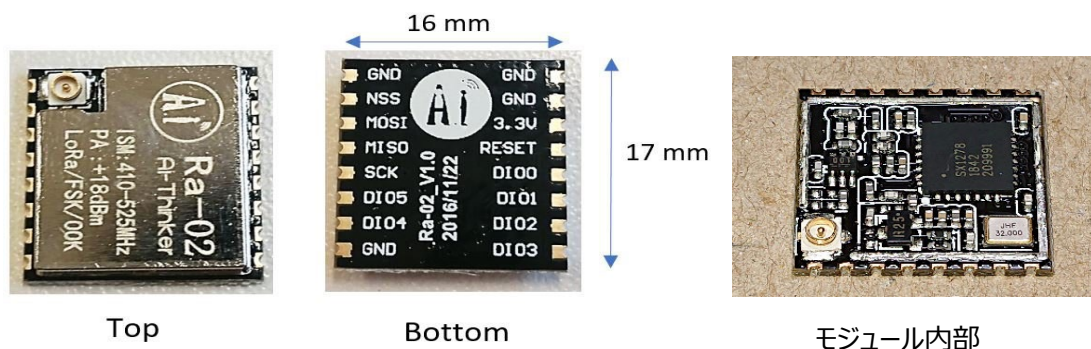
占有周波数帯幅(BW)、チャープ変調拡散率(SF)、誤り訂正符号化率(CR)など多くの機能の設定も可能である。パケットデータ受信時の信号強度 (RSSI) とその S/N 比 (SNR) やその他の情報も状態レジスタを介して読み出せる。

今回のモジュールには TCXO は使用されておらず、広帯域ゆへの冗長性が許されている。なお外部からのレジスタ制御により送受信周波数の調整が詳細に可能である。

LoRa® LSI 設定パラメータ

| 項目 | 設定可能範囲 | 設定値 |
|--------------|--------------------|-------------------|
| 通信周波数 | 410(137)~525MHz | 450.55, 458.55MHz |
| 占有周波数帯幅(BW) | 7.8kHz~500kHz | 125kHz |
| 周波数拡散率(SF) | 6(64)~12(4096) | 7(128) |
| 誤り訂正符号化率(CR) | 4/5(1.25)~4/8(2.0) | 4/5 |
| モジュール送信出力 | 5~17dBm | 10~15dBm |

LoRa®無線モジュール外観



(2)無線モジュール以外の構成

① 送信電力アンプ (PA モジュール)

小型で入手しやすいパワーモジュールとした。RA07H4047M (三菱電機株式会社:7Wクラス)を用いて、入力レベルを変えて送信出力制御を行う。入力とバイアス設定で最大電力を設定し、低減はLoRa®モジュールの出力レベル制御 (10dB 程度可変) と、PAモジュール入力アッテネータ切替で行う。

② 送信アッテネータ

①の PA モジュールの入力に設置し、MMIC による可変減衰器を CPU で制御する方式とする。5W~0.1W の変更ができるものとする。

昨年度までの技術試験の結果から 5W, 1W, 0.1W の設定を導入することと計画している。(0dB, -7dB, -17dB)

③ アンテナスイッチ

移動局においては送受信で切り替えるアンテナスイッチが必要で、半導体スイッチを採用する。モジュール内部にもアンテナスイッチを内蔵しているが、今回は送受独立のモジュールとして使用していて、かつ電力増幅器をモジュール外部に持っているために、使用せずに外部で切り替える。

④ 移動局受信プリアンプフィルタ

近傍での他の移動機の送信波で感度抑圧を受けないよう SAW フィルタを挿入し、その補償として LNA も実装する。

アンテナ端から、LoRa®モジュールまでの利得は約 10dB を目標とする。

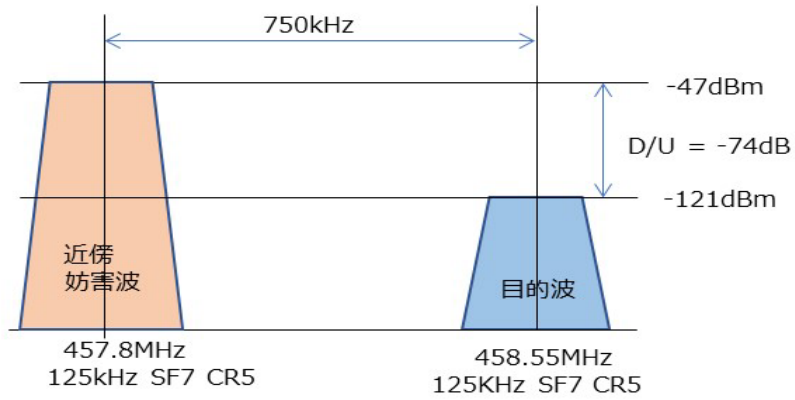
SAW フィルタは数 MHz 離れた近傍移動局の送信などからの抑圧を防止することを目的としている。SAW フィルタを選定するために、フィルタ無しでの LoRa®受信パフォーマンスをこれまでの耐妨害特性評価を参考にし、そのデータを以下に示す。

[耐妨害特性評価データ]

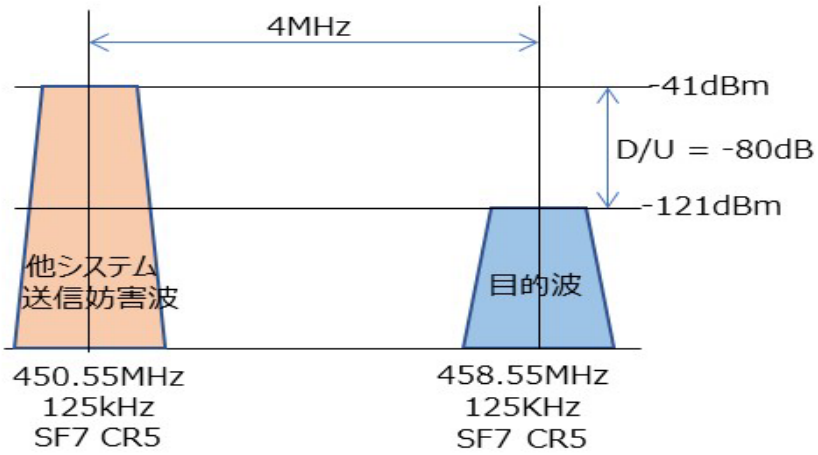
次図に示す 3 グラフの評価によれば、1MHz 以上離れた妨害波については D/U が -80dB であれば感度点付近の低レベル目的信号波は受信可能になる。1MHz 程度の離調ではフィルタ効果はほとんど期待できないが 4~8MHz であれば 40dB 程度の阻止が可能であり、強烈な 0 dBm 程度の妨害に耐えられる。

これは 5W 送信アンテナの 5m 程度離れた点での受信機入力レベルである。今回は実際の周波数配置は移動局の送信周波数が 458.55MHz であり図とは反転した配置になっている。(LSI は上下周波数対象の性能を示しており評価には影響しない。)

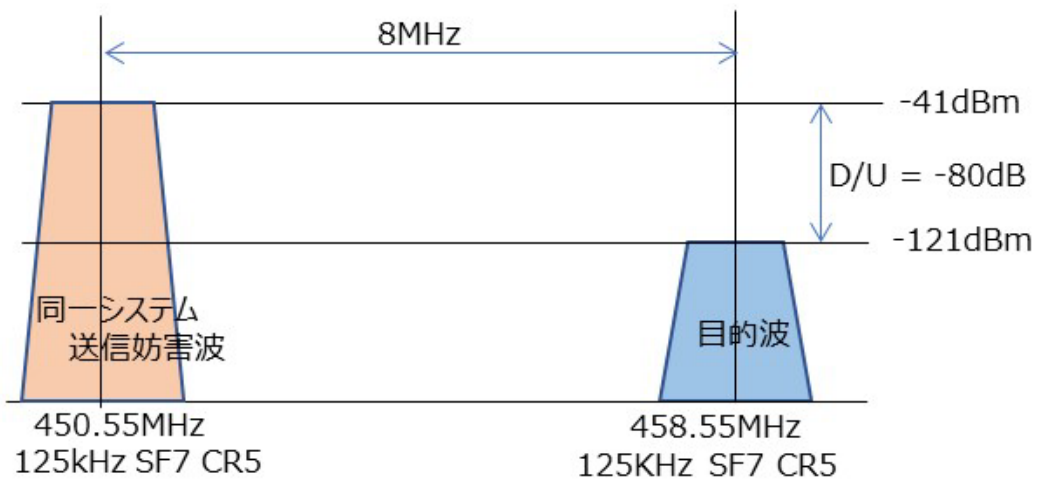
近傍チャネルの妨害波の影響



4MHz 離れた位置の妨害波の影響



自システムの送受信の干渉の影響

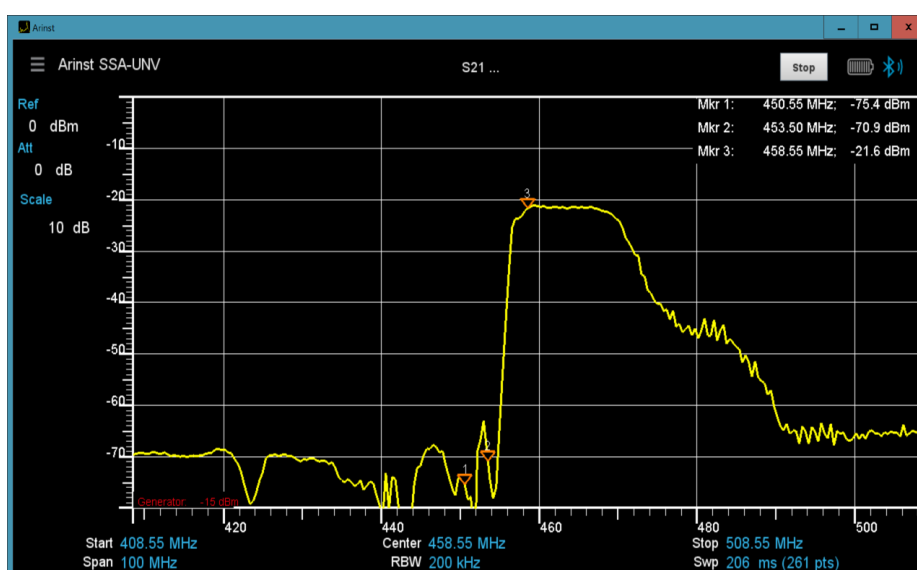


⑤ 基地局塔頂アンプ

アンテナから基地局無線機まで約 20m(推定距離)のケーブル(5D2W) の補償と、他のタクシー集中基地局送信波(約 6MHz 離れ)による感度抑圧防止のため SAW フィルタと LNA を実装する。SAW フィルタの特性で抑圧防止可能であった実績を踏まえ同じ方式とする。利得は約 20dB で、想定妨害波周波数での減衰量はおよそ 40dB 得られる。

なお、今回、技術試験を予定する名古屋市の東山スカイタワーには、タクシー集中基地局は設置されていない。また、参考までに、令和 2 年度に検討した塔頂増幅器の周波数特性を以下に示す。

基地局塔頂増幅器の入出力特性



⑥ ダイバーシティ受信

ダイバーシティの要否は議論の残るところであり、さらに検討を続ける必要がある。本地域自営 IoT 無線を実現する場合には、LoRa®無線モジュールを利用する都合上、2 個の受信回路において全ての復調後データ誤りのない方をマイコンで選択受信することとし、LoRa®モジュール 2 個を並列で受信する方式とする。アンテナ間隔は約 5m(7 波長)で相互の相関が無視できる程度の距離が望ましい。

⑦ 送受信アンテナ

基地局空中線の利得は 2.14dBi として、昨年度までの技術試験結果との相互比較などのため、あえて利得が高い空中線は使用しないこととする。

移動局空中線はマグネット基台単一アンテナで基地局と同様利得は 2.14dBi とする。

(3) 無線機制御・付属装置部分の構成

① マイクロコントローラ

昨年度までの調査検討と同様に ST Micro の 32 ビットマイコン STM32L432KC 開発モジュールを採用する。部品としては高価ではあるが、製造数が少ないことと、プリント基板設計の効率、デバッグ効率改善のために開発モジュールを導入する。

モジュール上に USB ポートを備えていてプログラムの書き込みのみならず、動作のモニターが可能である。

| STM32L423KC の概要 | |
|---|---|
| - CPU コア | Arm 32bit |
| - CPU クロック | 6MHz または 48MHz など各種クロックソース |
| - 電源 | 1.71~3.6V |
| - IO ポート | 最大 26 個(5V tolerant) なおクロック選定で使える数は変化する |
| - メモリ | プログラム 256kB (フラッシュ) その他 SRAM 64kB、EEPROM 2kB |
| - その他、3xUART、USB、2x I2C、 2x SPI など高機能な構成になっている。 | |

② マイクロ SD カード

全ての通信の記録ログをマイクロ SD カードに記録できる。実験結果の分析のツールとするため、最大 32GB の容量で、全通信の記録手段として用意し、試験終了後データ収集する。

③ GPS 受信モジュール

移動局の位置情報、時刻、速度、移動方位など全ての GPS 情報を得ることができ、さらにタイミング基準として PPS(Pulse Per Second : 正確な 1 秒毎のパルス)も CPU に取り込める。

④ LCD モジュール

無線機の動作状況を表示するため、16 文字 2 行の英数字表示ができる LCD ディスプレイを備えている。マイクロコントローラの制御で文字情報の表示が出来る。

⑤ 操作スイッチ

情報入力するためのロータリセレクトスイッチと動作切り替え用の押しボタンスイッチを備える。ロータリの部を回転させ、機能を選択して確定押しボタンスイッチを押すという操作になる。場合によってはロータリの部での選択が不要なことも考えられる。

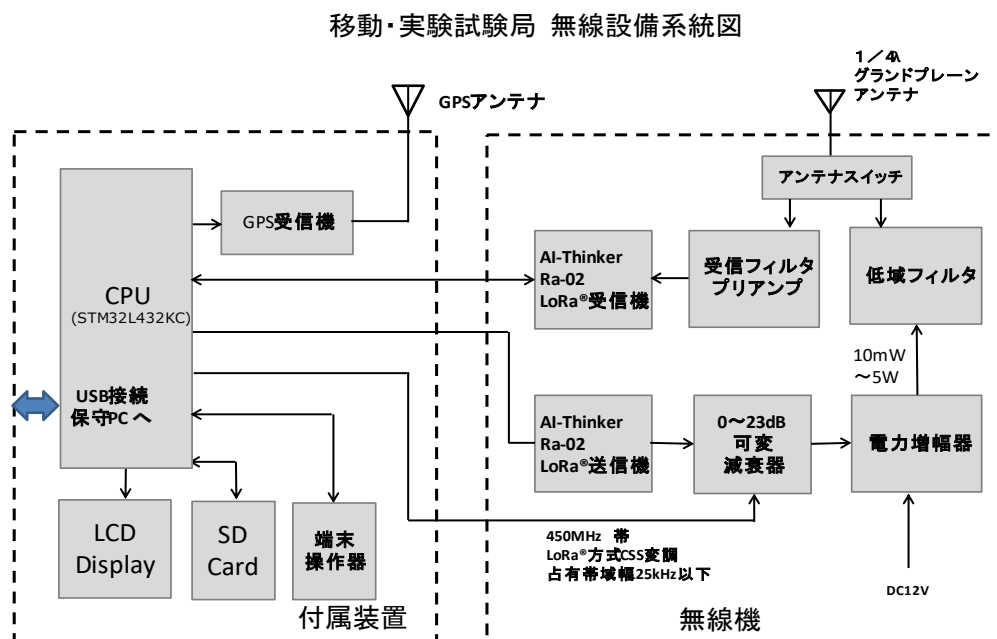
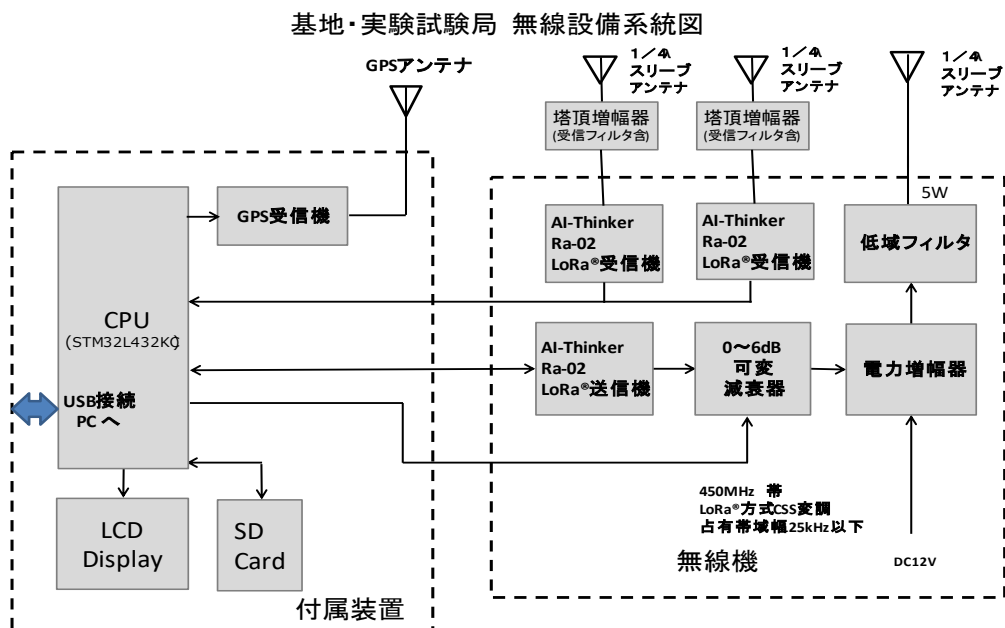
⑥ 実験用電源

実証試験の際、移動局の電源は、実証試験を実施する際に、時間効率化、事故防止のために車両の電源・電装に手を加えないこととし、原則として、ポータブル電源を活用する。

240Wh の容量であり、12V で 20Ah の容量が期待できる。実証試験にあたっても十分な容量であり、必要に応じてシガーライターソケットから充電しながら使用することも可能である。

(4) 基地局無線機と、移動局無線機の構成

以下の図に、基地局及び移動局の無線機の構成を示す。



1. 5 疑似ソフトウェアの基本検討

1.5.1 ソフトウェアの種類

本技術試験で扱うべき3種類のシステムにおいて必要とするソフトウェアは以下のとおりである。

(1) 移動局無線機 合計4種類

- ① 無線機の制御の基本部分は共通ソフトウェアであるが、システム毎に表示は異なり、操作スイッチの機能も変わり、通信手順も若干変わることになるので3種類となる。
- ② 無線機の登録点検に対応し、感度測定のためパケット誤り率を測定するためのソフトウェアが必要になる。

(2) 基地局無線機 合計2種類

- ① 全てのシステム共通の通信を制御する共通無線通信制御ソフトウェアが必要となる。
- ② 基地局無線機の登録点検と誤り率測定のためのソフトウェアが必要になる。

(3) 基地局サーバ(PC) 1種類

基地局無線機で送受信するデータパケットの編集、蓄積と、システム毎のシステムセンタ装置とのデータの授受を行う、社会実装に向けた実証試験の要となるソフトウェアとなる。またシステム全体の動作状態をモニターし、システムの稼働を維持するものである。

(4) システムセンタ装置(PC) 合計3種類

システム毎のセンタ装置のソフトウェアで、システムの状態や移動体の状態の表示を行ったり、システムによっては外部からの情報/要求を受け取ってシステムで処理したり、その結果をシステム基地局(サーバと無線機)を経由して移動局へ伝達する。移動局の位置や状態情報は基地局サーバからデータを受け取って表示したり、外部に転送したりする。

1.5.2 システム全体のソフトウェア規模

(1) ソフトウェア種類数のまとめと令和2年度の実証実験との比較

前述のように社会実証試験の疑似システム全体の構成と試験のためのソフトウェア数は10種類となる。PCソフトウェア4種類、無線機ファームウェア6種類となる。

なお、参考までにタクシー配車疑似システムと伝搬試験などでは機能がシンプルであったことも影響し、共通部もあり、登録点検を含めて無線機3種類、基地局PC2種類であった。

(2) ソフトウェアの開発とシステム評価規模と人員

今回の基本設計では3種類のシステムは性格の違う情報を取り扱うほか、異なるマンマシンインタフェースを扱うことになるので、技術試験全体の複雑さは飛躍的に増大する。

システムデバッグも機器の数が増え相互に通信をする機能の組合せも、確認項目の数も掛け算で増大することになるのでデバッグの工数も大きな数値になると考えられる。

移動局の操作や、システムセンタの操作者の確保や、ソフトウェア規模や複雑さを考えると、システムの要求機能仕様は、慎重に検討すべきである。

1. 6 試験用通信環境の設営

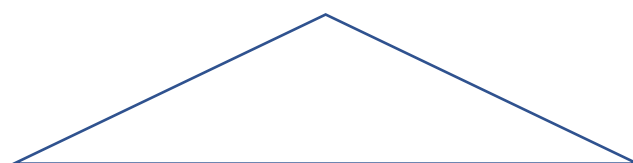
1.6.1 基地局設営

実験試験局（基地局相当）1局を愛知県名古屋市の東山スカイタワーに仮設設営する。
（ぜんじむじっけん2又は15用）

〔東山スカイタワー〕 GL80m、ANT地上高85m（海拔165m）名古屋市千種区東山元町



<東山スカイタワー>



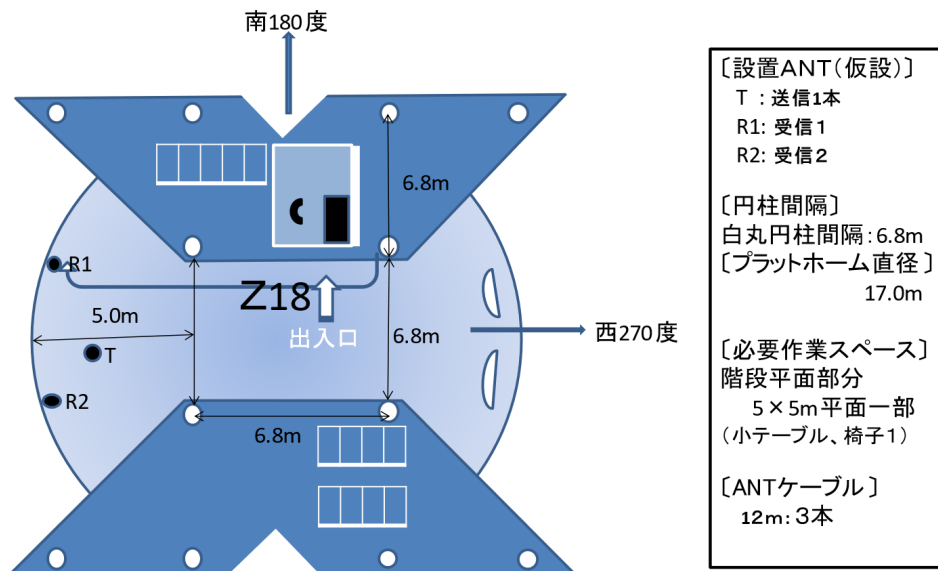
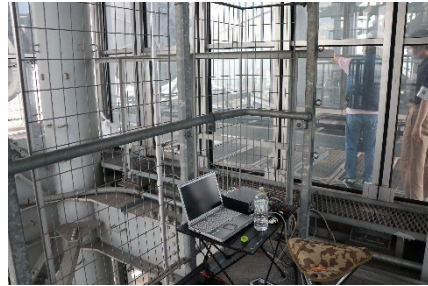
〔 タワー利用の概要と基地局設営 〕

| | | |
|---------------------|--------------------------------|--------------------------|
| 7Fレストラン 110m | (閉店中) | プラットホームNo. |
| 6F レストラン厨房 | | |
| 5F展望室100m スカイプラザ | 標高180m | |
| 4F展望室96m スカイラウンジ | 標高176m (エレベータ有) | |
| | 基地局用ANT3本設営 パラボラANT有 | Z18 Z17 Z16 Z15 |
| 3F(エレベータ有) | 無線室(機器保管) | Z14 Z13 |
| 2F スカイホール | (第1回調査検討会場) 電波伝搬確認デモ | 2F裏 入口 |
| 1F 入口 スカイゲート | エントランス(有料) | |
| GL=80m | | |

〔設営アンテナ例〕

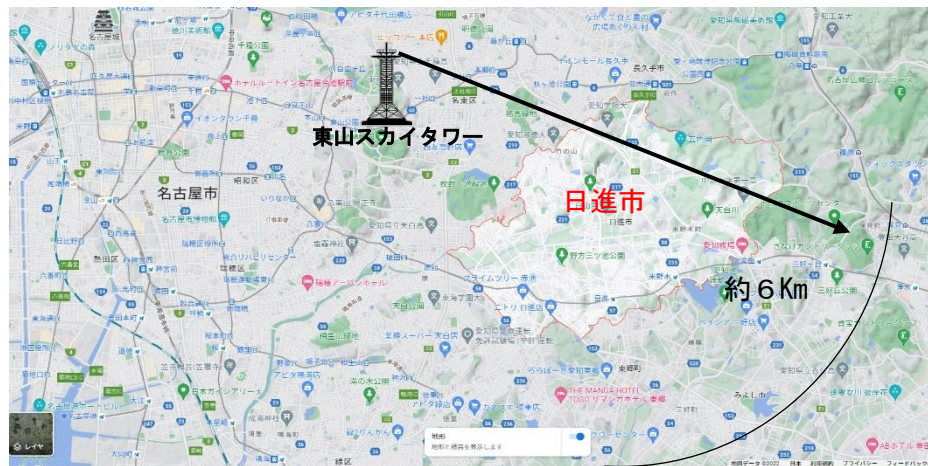
| | | |
|-----|----------------------------|-------------------|
| 送信用 | 450MHz帯スリーブANT (SL450) 1本 | 垂直張出(U字ボルト止め)業者施工 |
| 受信用 | 450MHz帯スリーブANT (SL450) 2本 | 受信ダイバーシティ(3~7m間隔) |
| 連絡用 | 400MHz帯ホイップANT (マグネットマウント) | 同軸ケーブル張付け(業者施工) |

<参考写真> [Z18] [プラットフォーム直径：17.0m] [中心四角柱芯間隔：6.8m]
 ↓ 東方向にダイバーシティ用受信空中線2本、手前に送信空中線1本



東山スカイタワー平面概要図1 (Z18) R4.6.2作成

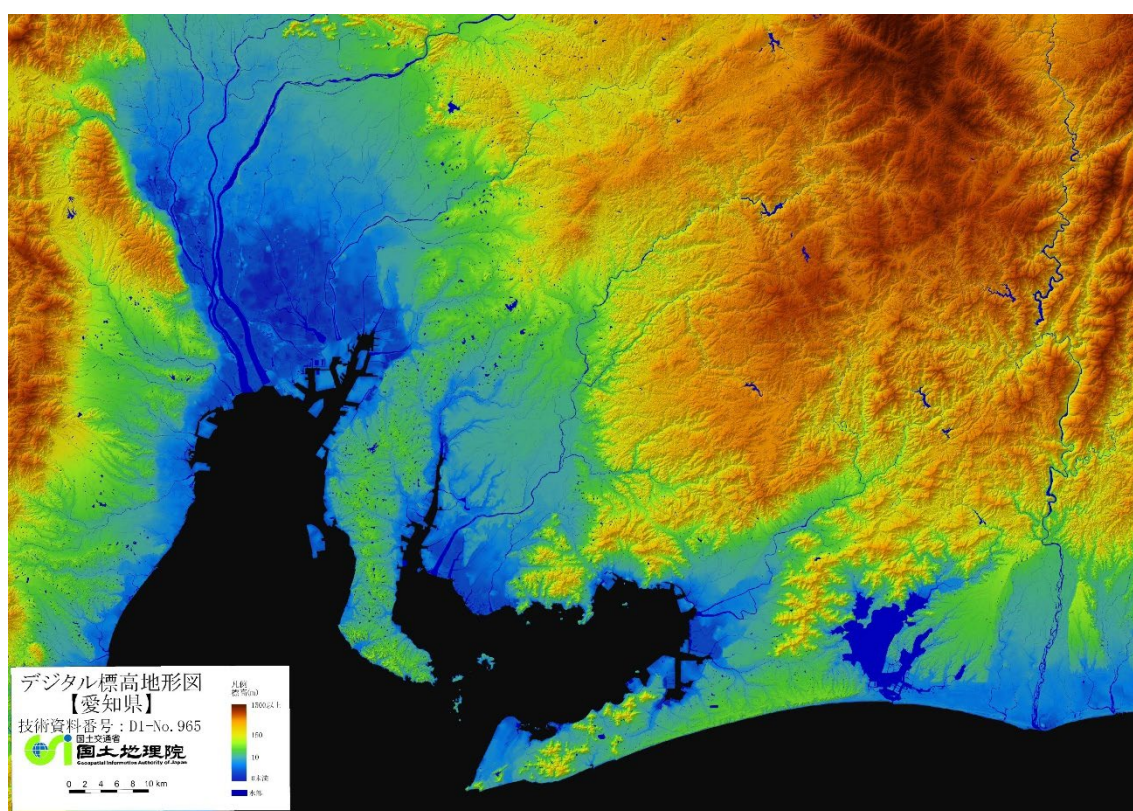
東山スカイタワーと
 検証フィールド →



1.6.2 検証フィールドと電波伝搬

愛知県下は、海岸部の低地から広がり、東北東の高地を除き 150m 以下の丘陵地へとつながらる広大な平野が広がっている。そのため、数十 km 程度の見通内通信と山間部への伝搬浸透が十分に期待できる地形となっている。

実験試験局（基地局相当）を設営する東山スカイタワーでは、標高 80m の高台に置かれたアンテナ高は海拔 170m となり、広大な通信エリアが期待できる。中部経済圏もその広大なエリアで地域事業活動が展開されるものである。地域事業者であっても広域移動通信が十分に確保できる置局(周波数割当)方式と移動通信システムの採用である。



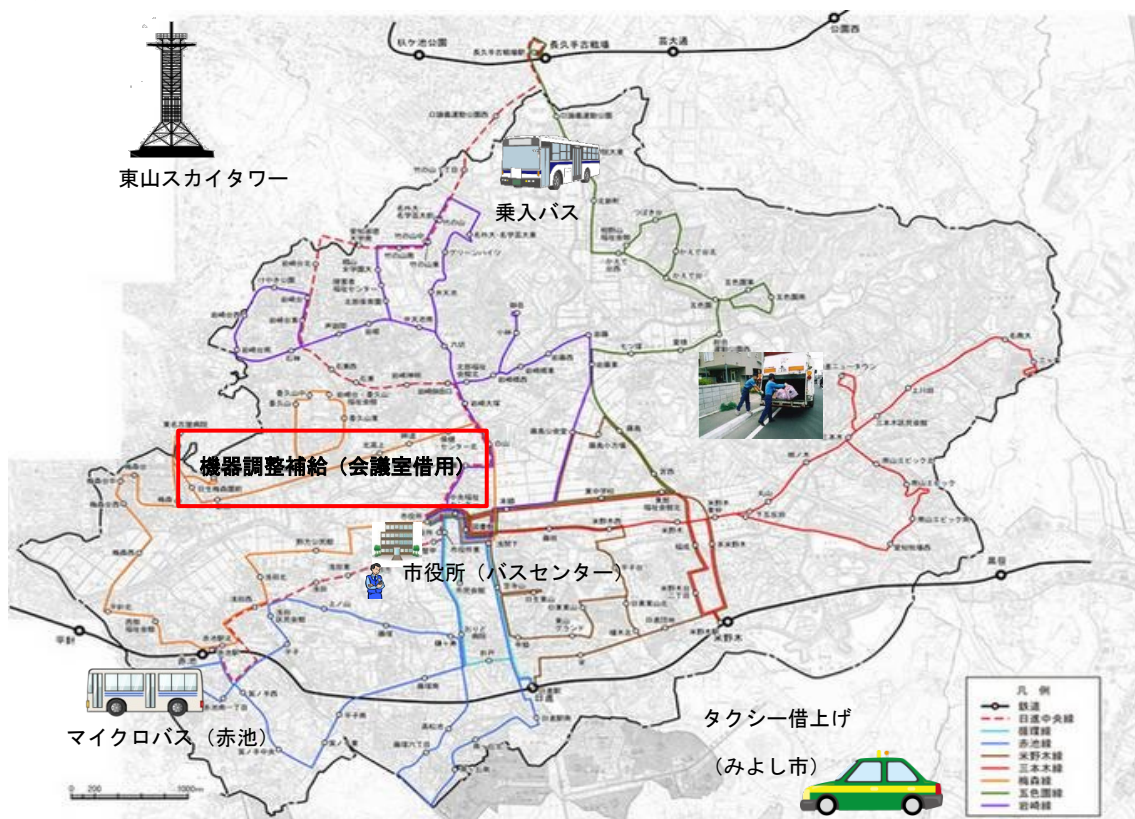
〔国土地理院デジタル標高地形図より〕

1.6.3 フィールド試験環境の設営

以下の3つの地域事業による走行通信試験の実施環境を設営する。

- ① 日進市巡回バス7路線7台のミニバスに実験試験局を搭載し車両位置等を発呼する。
また、同市内乗入バス路線を対象に実験用車両の走行通信試験を行う。
- ② ゴミ収集車に実験試験局を搭載し、ゴミ収集作業の通信試験を行う。
- ③ タクシー車両に実験試験局を搭載し、タクシー配車通信を試験する。

〔日進市巡回バス路線図〕



1.6.4 技術試験用無線局

(1) 実験試験局の免許申請

以下に示した実験試験局により複数のアプリケーション通信機能試験を行うため、実験試験局16局（基地局用1局、移動局用15局）の無線局免許申請を行い、免許を取得する。

また、既に免許取得している実験試験局13局（基地局用1局、移動局用12局）を電波伝搬調査（有効到達距離確認・通信エリア確認・ダイバーシティ効果測定）及び予備として技術試験に活用する。

① 新たに開設する技術試験用実験試験局

| 移動範囲 | (用途)呼出名称 | 指定事項 |
|-----------------------------------|--------------------------|--------------------------------------|
| (移動範囲) 東京都及びその周辺、 東海総合通信局管内 | (基地局用) ぜんじむじっけん 15 | 125K G1D 450.55MHz 5W (送受間隔 8MHz) |
| | (移動局用) ぜんじむじっけん 16～30 | 125K G1D 458.55MHz 5W (低減制御可) |
| 合計 | 実験試験局 16局 | (東海総合通信局に免許申請) |

② 免許取得の実験試験局（電波伝搬試験及び予備用）

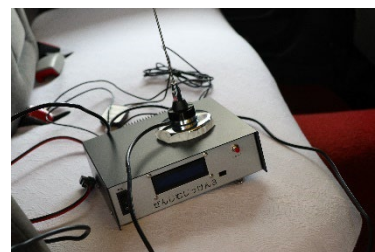
| 免許番号 | (用途)呼出名称 | 指定事項/(移動範囲) | 免許日(有効期限) |
|--|----------------------------|--|----------------------|
| 近実第4559号 | (基地局用) ぜんじむじっけん 2 | 125KG1D 450.55MHz 5W 注1,2 (移動範囲)東京都及びその周辺、 東海及び近畿総合通信局管内 | 令3.7.1 (5.6.30まで) |
| 近実第4560～4562号 | (移動局用) ぜんじむじっけん 3～5 | 125KG1D 458.55MHz 2W 注1,2 (常置場所)大阪市中央区谷町1-6 近畿自動車無線協会内 | 令3.7.1 (5.6.30まで) |
| 近実第4590～4598号 | (移動局用) ぜんじむじっけん 6～14 | (移動範囲)東京都及びその周辺、 東海及び近畿総合通信局管内 | 令3.7.1 (5.6.30まで) |
| 〔 付 款 事 項 〕 注1 この周波数の使用は、他の無線局の運用に妨害を与えない場合に限る。 注2 この周波数の東京都及びその周辺での使用は、令和3年10月1日以降に限る。 | | | |

(2) 技術試験用移動局

⑤ 通信エリア確認電波伝搬試験（7月～8月に実施）に既設実験試験局を活用する。

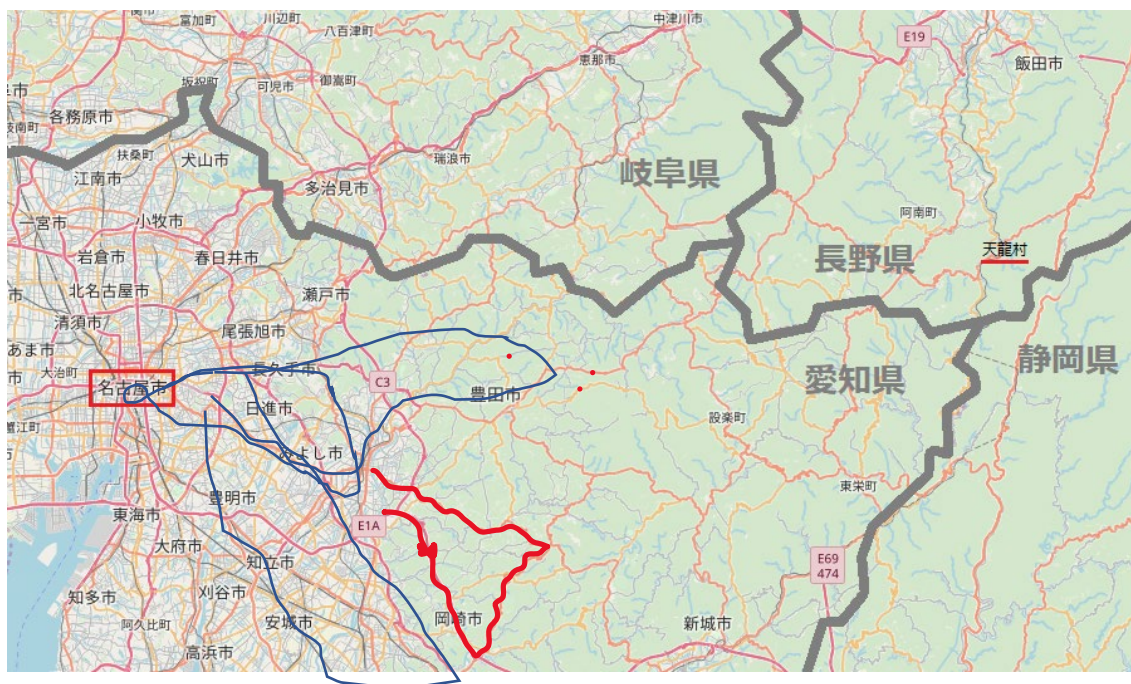


〔基地局での受信測定〕



〔車両への移動局設営〕

〔電波伝搬調査走行エリア図〕



第1回技術試験(7～8月)
(電波伝搬等調査)

- ① 広域・長距離伝搬調査
- ② ビル陰・不感地調査
- ③ 通信エリア確認
- ④ ダイバーシティ測定

〔長距離伝搬調査〕

- 豊橋方面（豊田蒲郡 40km 豊橋 60km）：7月28日実施
- 豊田市東部山間地域：8月23日実施
- 〔不感地詳細調査〕：7月27,28日、8月23日実施
- 名古屋駅周辺、名古屋市内
- 〔日進市周辺エリア確認〕：7月27日、8月23日実施
- 東郷町、みよし市、長久手市南部、日進市全域

技術試験用移動局（11月30日,12月1日実施）：実験試験局（15局）

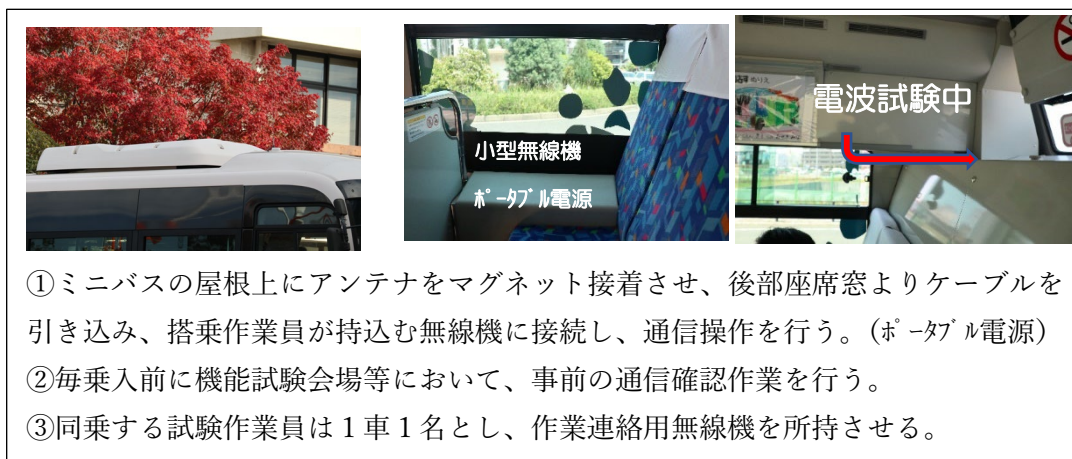


（借上げ車両）

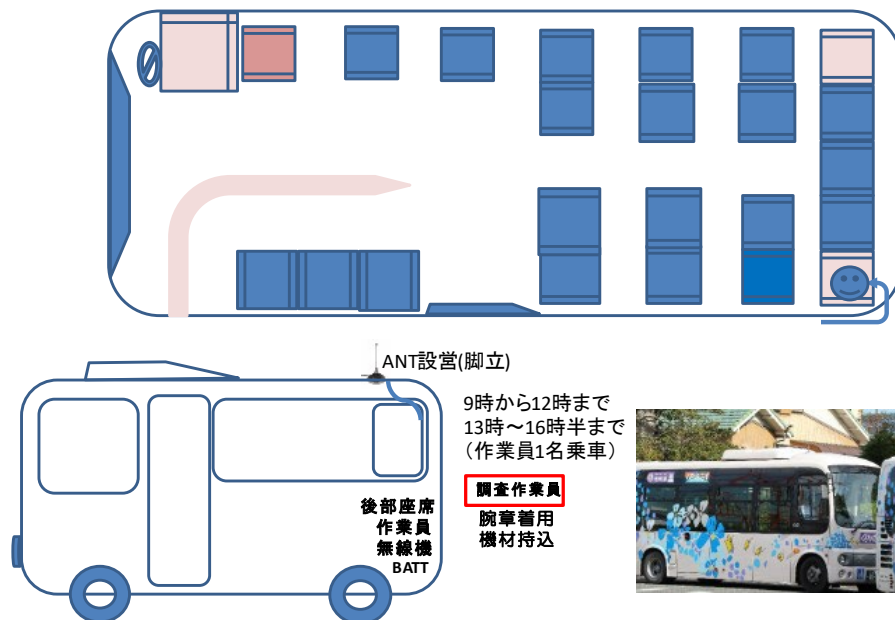
〔実証試験イメージ〕

- (1) ミニバス：巡回バス7路線のミニバス車両の屋根に $\lambda/4$ ANTをマグネット付着させ、平日昼間時間帯のみ、後部端席に無線機、ポータブル電源を持った作業員が同乗して操作する。
- (2) 借上げ車両（マイクロバス、タクシー）：市内乗入バス路線を規定時刻の約30分程ずらして走行させ、バス停通過報告を行う。
- (3) ゴミ収集車：模擬車両の屋根に $\lambda/4$ ANTをマグネット付着させ、収集作業後毎に収集済発呼等を行う。
- (4) タクシー：タクシー車両を借上げ、昼間時間帯の模擬タクシー配車通信試験を行う。

〔ミニバス試験イメージ〕



- ①ミニバスの屋根上にアンテナをマグネット接着させ、後部座席窓よりケーブルを引き込み、搭乗作業員が持込む無線機に接続し、通信操作を行う。（ポータブル電源）
- ②毎乗入前に機能試験会場等において、事前の通信確認作業を行う。
- ③同乗する試験作業員は1車1名とし、作業連絡用無線機を所持させる。



〔バス停通過発呼試験記録表例〕
機能試験場（エコドーム管理棟）

〔事前の通信機能試験場（準備作業室）〕

〔EXCEL チェックシート〕
乗入れ路線（日進中央線）

| 停留所 | 時刻 | チェック |
|--------|------|------|
| 赤池駅 | 9:10 | |
| 箕の手北 | 9:12 | |
| 浅田西 | 9:16 | |
| 浅田 | 9:17 | |
| 浅田東 | 9:18 | |
| 野方 | 9:19 | |
| 蟹甲 | 9:20 | |
| 市役所 | 9:21 | |
| 保健センター | 9:23 | |
| 白山 | 9:24 | |



1. 7 無線局の制度化に向けた検討

1.7.1 無線局制度化に向けた検討

技術試験で得られた本地域自営IoT無線システムの利用評価及び周波数利用効果など、地域の業務用移動無線の需要に対応した無線局の技術的条件、審査基準、周波数割当等、その制度化に向けた提言を取りまとめる。

- ① 地域自営IoT無線局の制度化の検討（技術基準、免許審査基準、周波数割当等）
- ② 地域自営IoT無線局の実現と利用促進、共同利用基地局の展開整備等
- ③ 地域事業のDXの推進、地域公共交通システムの運営支援等

1.7.2 試験結果の分析評価

技術試験の試験結果を分析し、本地域自営IoT無線システムの技術適用性と、その利用効果について評価を行う。

具体的には、長距離通信の確認及びビル陰を含めた通信信頼性を確認し、データ伝送量と通信頻度の低いIoT無線ユーザーへの適用性及び基地局共同利用の適用能力などの技術適用性を検証確認する。

なお、この技術試験結果の分析評価の取りまとめにあたって、以下の評価項目について、取りまとめる。

- ① 本IoT無線システムに使用予定する400MHz帯の周波数配置を明らかにした上で、必要となるチャンネル数を明示し、既存の音声通信システムからの移行等、本システムの共同利用効果及び周波数の有効利用の観点からの評価を行う。
- ② セルラー系IoT移動通信サービス等を利用する場合と本地域自営IoT無線システムを利用した場合の技術的あるいは経済的優位性についても分析評価する。

1.7.3 調査検討会の開催

専門家、学識経験者等から構成する調査検討会を年3回、開催する。

1.7.4 報告書の取りまとめ

上記の検討内容及び調査検討会の検討結果等を報告書に取りまとめ、その概要報告書を作成する。

1. 8 全体実施スケジュール

地域自営 IoT 無線局の制度化に向けて、以下の実施スケジュールを計画する。

技術試験の実施及び調査検討会の開催については、各検討課題の進捗状況にあわせて計画する。

〔調査検討全体スケジュール〕

| 検討課題 | 7—8—9月 | 10—11—12月 | 1—2—3月 |
|-------------------------------|--|---|---|
| (1)技術試験用地域自営 IoT 無線システムの設計 | <ul style="list-style-type: none"> ▶システム設計計画の具体化 ▶システム構成及び要件設定 ▶無線接続プロトコルの検討 | | |
| (2)疑似アプリケーションの準備 | <ul style="list-style-type: none"> ▶疑似アプリケーション種別の決定 ▶ソフトウェアの機能設定 ▶ソフトウェアの機能確認 | | |
| (3)技術試験用通信環境の整備及び試験の実施 | <ul style="list-style-type: none"> ▶基地局通信環境の整備 ▶通信エリアの確認 ▶フィールド試験環境の調査 ▶技術試験 ▶公開技術試験 | | |
| (4)試験結果の分析評価 | <ul style="list-style-type: none"> ▶電波伝搬調査取りまとめ ▶試験結果の分析 ▶評価分析 ▶総合評価 | | |
| (3)制度化の検討及び提言取りまとめ | <ul style="list-style-type: none"> ▶無線局制度化の検討 ▶試験評価方針の検討 ▶提言案取りまとめ | | |
| 調査検討会及び報告書の取りまとめ (調査検討会開催) | 〔第1回検討会〕 実施計画確認 疑似システム検討 (実施計画と整備) | 〔第2回検討会〕 技術試験の確認 評価方針の確認 試験計画の確認 (疑似システム構築) | 〔第3回検討会〕 実現性等の検討 社会実証試験方法 活用方策等の提言 (報告書の確認) |

1. 9 実施体制

(1) 実施体制

本調査検討では、以下の5つの試験検討項目について試験検討し、調査検討会の開催及び報告書の取りまとめを行う。

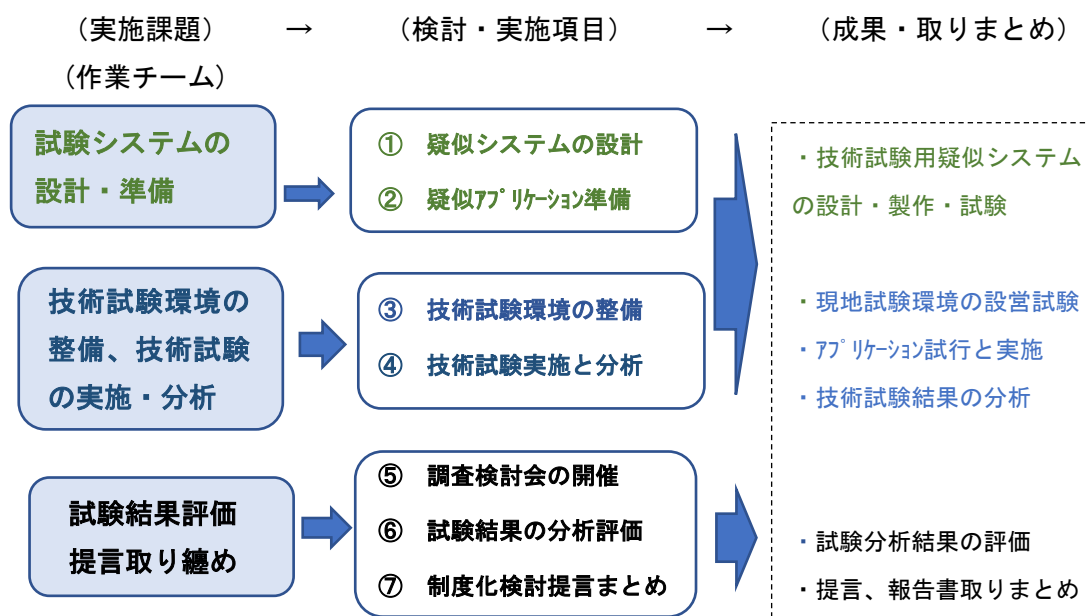
- ① 技術試験用疑似システムの設計
- ② 疑似アプリケーションの準備
- ③ 技術試験環境整備と試験実施
- ④ 技術試験結果の分析評価
- ⑤ 制度化の検討及び提言

そのため、実施課題別に3つの作業チームを編成して、技術試験の準備と実施、試験結果の分析、評価及び提言提案等を行う。

試験システムの設計・準備を行う設計チームと試験環境の整備と技術試験を行う2つのチームで連携して準備作業を進め、2チーム合同して技術試験結果を分析し、調査検討会に報告、評価提言に反映させる。

〔全体作業計画〕

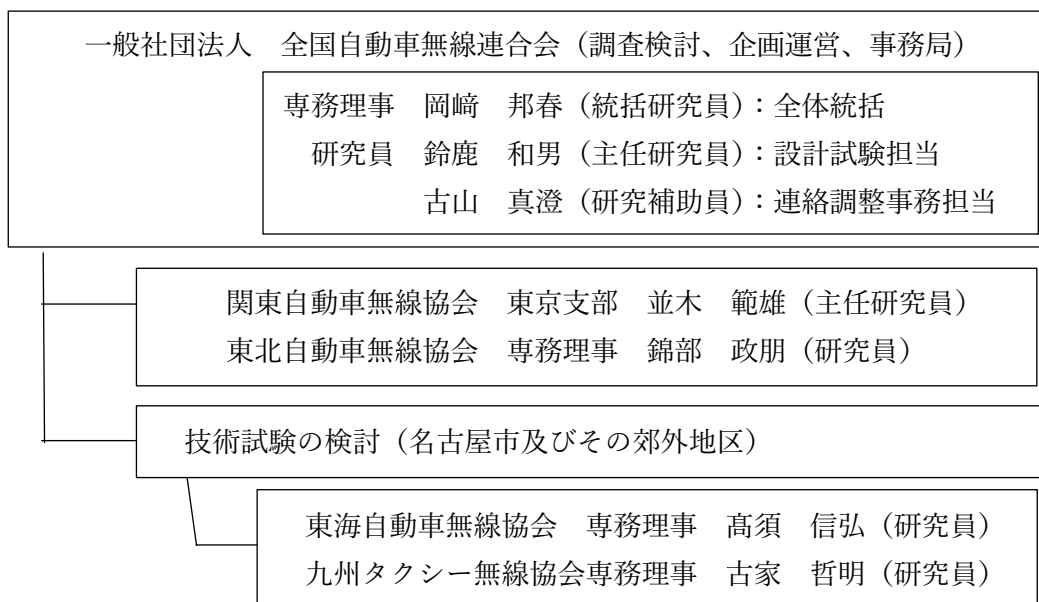
図 全体実施体制



(2) 実施要員体制

本調査検討の実施体制、従事する予定の責任者名及び担当者名を以下に示す。
実施計画に基づき、図に示す実施要員体制で行う。

図 実施要員体制



注：技術試験には、このほかに③の研究補助員（無線従事者）を配置する。

注：地方自動車無線協会は、全国自動車無線連合会の構成員（正会員）です。

(3) 研究員の構成

表 研究員の構成

| 氏名 | 所属 | 主な担当 |
|-------------|------------|----------------|
| 統括研究員 岡崎 邦春 | 全国自動車無線連合会 | 統括、実証試験企画、実施責任 |
| 主任研究員 鈴鹿 和男 | 全国自動車無線連合会 | 設計・技術検討、伝搬調査 |
| 主任研究員 並木 範雄 | 関東自動車無線協会 | 実験局運用管理、試験支援 |
| 研究員 錦部 政朋 | 東北自動車無線協会 | 実証試験支援、実験局運用管理 |
| 研究員 高須 信弘 | 東海自動車無線協会 | 調査検討、試験環境整備 |
| 研究員 古家 哲明 | 九州タクシー無線協会 | 実証試験研究支援 |
| 研究補助員 佐藤 博文 | 関東自動車無線協会 | 技術試験作業支援 |
| 研究補助員 藤城 孝夫 | 信越自動車無線協会 | 技術試験作業支援 |
| 研究補助員 平 祐一 | 近畿自動車無線協会 | 技術試験作業支援 |
| 研究補助員 内田喜久雄 | 中国自動車無線協会 | 技術試験作業支援 |
| 研究補助員 古山 真澄 | 全国自動車無線連合会 | 調査検討業務支援、連絡調整 |

第2章 技術試験の実施

2. 1. 地域自営 IoT 無線システムの役割

本地域自営 IoT 無線システムは、第1章で説明したとおり、LoRa®拡散変調技術により信号検出能力が高く、長距離見通し内通信やビル陰等の見通し外通信にも高い通信信頼性があるデジタル移動通信である。これを大ゾーン基地局や山上基地局に適用して、LoRa®通信技術が持つ、その豊かな通信周波数資源を共同利用して、その利用効果を広範囲に発揮できる IoT 移動無線システムである。基地局、無線回線、サーバ等の通信インフラを地域共同利用することは、ユーザーの利便・経済性を図るだけでなく、多数ユーザーに共用割当する周波数割当方式の抜本的変革を進め、地域周波数の更なる有効利用が期待できる。

2. 2 技術試験の目的

技術試験の目的は、広域で一体的な生活・経済圏を形成する大都市郊外において、交通や車両による様々な地域事業や輸送・配送サービスの自動化スマート化を図る DX を支援し、周波数、基地局等の通信インフラを地域共同利用する地域自営 IoT 無線システムの構築と促進である。

本地域自営 IoT 無線システムは、伝送データ量や通信頻度が比較的少ない地域事業者向けの小容量データ移動通信共同システムの構築・運用に適し、高所に設置された大ゾーン基地局の特徴を活かし、広範な通信ゾーン内に展開する車両を使った多様な地域事業に効果的かつ適切な IoT データ通信を行うものである。

本技術試験は、広がる愛知県濃尾平野平地を検証フィールドとして、車両に搭載した業務用 IoT 無線局のデータ通信技術試験を行い、社会実装に向けた利用効果と技術及びシステムの有効性・汎用性等を社会実証するものである。

2. 3 技術試験実施計画

2.3.1 技術試験実施計画

(1) 技術試験の概要

本技術試験は、東山スカイタワー（以下、「タワー」という。）に実験試験局（基地局相当）を設置し、複数の実験試験局（移動局相当）による走行通信調査及び複数の疑似アプリケーション等の模擬試験を行い、それらの成果の上に、複数のアプリケーションによる社会実証試験デモンストレーションをめざすものである。

(2) 技術試験スケジュール

- ① 日進市内を路線とするコミュニティバス等に本LoRa@無線機を持ち込み、バス停通過等の簡易な動態通報機能の確認を行う。また、タクシー配車及び作業管理用アプリケーションを模した通信機能試験を行い、同一地域内における複数の通信アプリケーションにおけるデータ通信機能及び共同利用効果を検証する。
- ② 複数の移動局によるIoT通信インフラの共同利用実験を行い、本地域自営IoT無線の通信共用能力を検証し、その共同利用効果等について検証評価する。

| 実施時期 | 7月～9月 | 10月～12月 | 1月～3月 | |
|--|---|------------------------------|-------------------------------------|-----------------------|
| 技術試験 | 通信実験環境設営 電波伝搬調査 通信エリア確認 | 通信機能試験 疑似アプリケーション検証 | 技術実証試験 公開アプリケーション検証 | |
| 実施場所 | (基地局)東山タワー (移動局)愛知県東南部 (レッカー、タクシー等) | 東山タワー 日進市周辺 (バス、タクシー等) | 日進市民会館 日進市役所前ほか (バス、タクシー、収集車) | |
| 調査検討会 | 第1回調査検討会 | 第2回調査検討会 | 第3回調査検討会 | |
| 試験項目 | 技術試験スケジュール | | | |
| | 7～8月 | 9～10月 | 11～12月 | 1～3月 |
| 試験環境設営 既存実験局調査 無線機設計製作 無線局免許申請 システム設計等 | 基地局環境設営 通信機能確認 通信エリア確認 無線機製作・システム設計・登録点検 ソフトウェア設計・事前アプリ検証 | 電波伝搬調査 | 通信機能確認 疑似アプリ実験 | 公開アプリ検証 デモンストレーション |
| 調査検討会 (会場) | 第1回検討会 東山タワースカイホール | | 第2回検討会 ウインクあいち | 第3回検討会 日進市民会館等 |

2.3.2 基地局設営・電波環境調査

以下のとおり7月からの基地局設営の環境確認のため、6月24日にタワーでの事前電波環境調査として電波干渉及び設営環境の事前調査を行い、目視確認を行った。

また、8月23日午前11時前後には、簡易な携帯スペクトラムアナライザを基地局の送信空中線に接続して記録測定を行った。

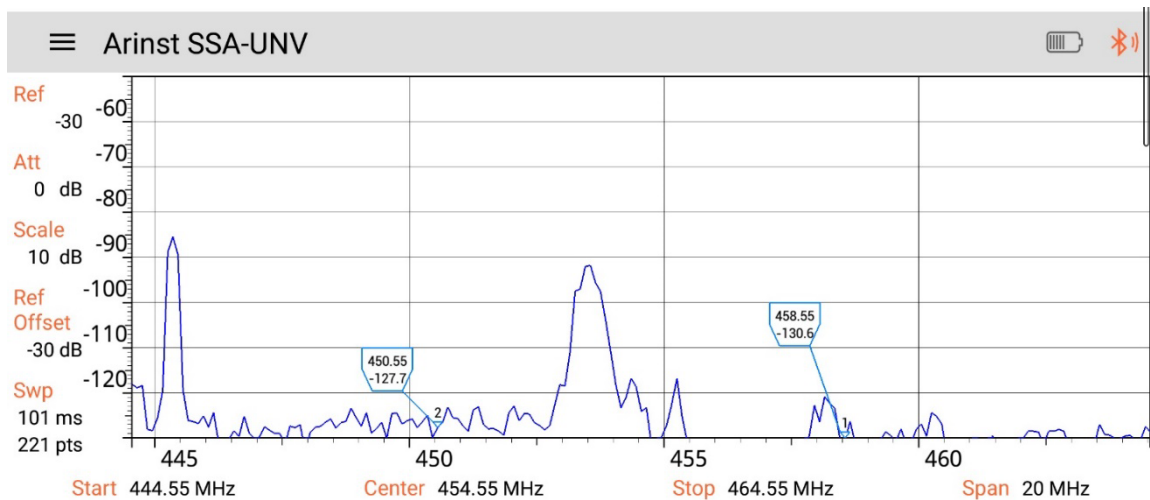
| 調査実施時期 | 調査方法 | 調査決果 |
|---------|--------------------|---------------|
| 4年6月24日 | 事前置局調査：近接波妨害（目視確認） | 近接波妨害はなく、問題なし |
| 4年8月23日 | スペクトラム・アナライザ（記録測定） | 強い近接波もなく記録された |

目視及び測定結果は、次のとおりである。観測数値の絶対値は校正しておらず信頼度があまり良くないので相対値で判断した。

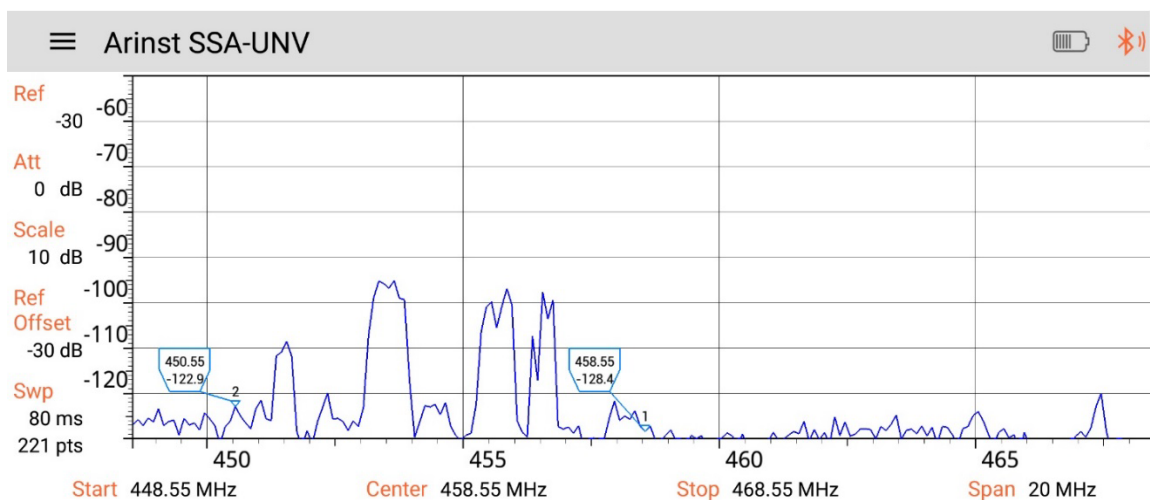
データ 1 では 453.5MHz 前後の固定局電波（デジタルタクシー無線基地局）が目立っているがノイズフロアからせいぜい 30dB 高いだけであり、使用周波数からの離隔も十分であり問題無い。

データ 2 は、一番多く電波が観測できた時の記録である。いずれもノイズフロアから 30dB 程度の強度であり、同一タワーでの使用周波数ではなく、問題は無い。また使用周波数からの離隔も数百 kHz 取れている。

[データ 1]



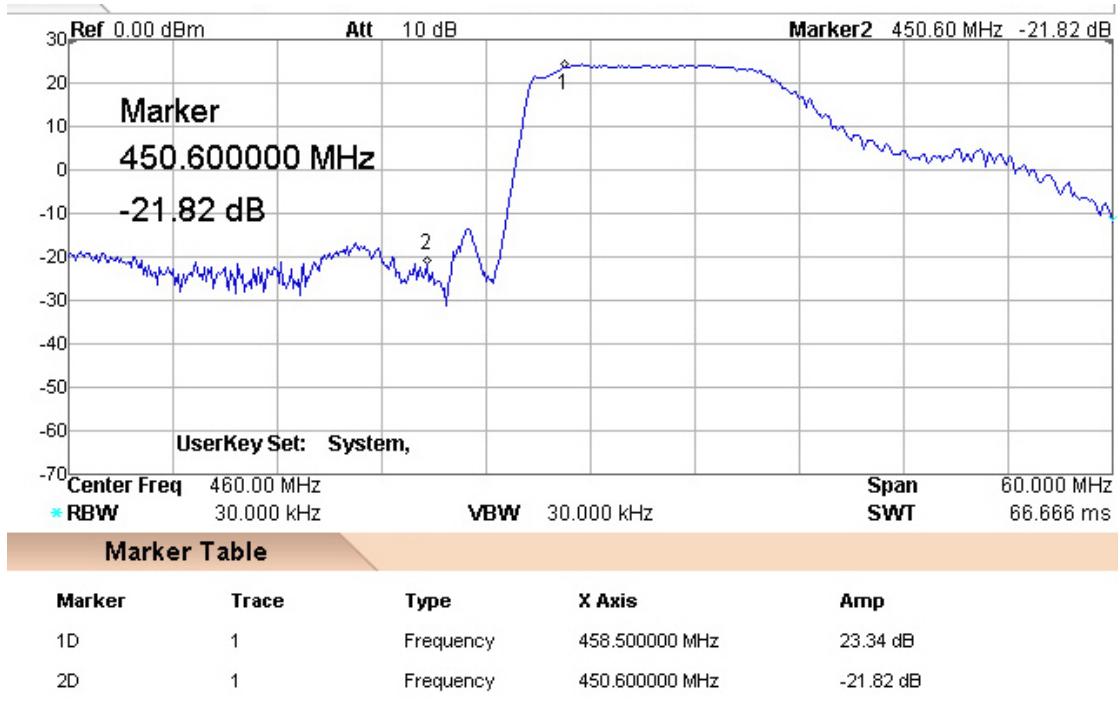
[データ 2]



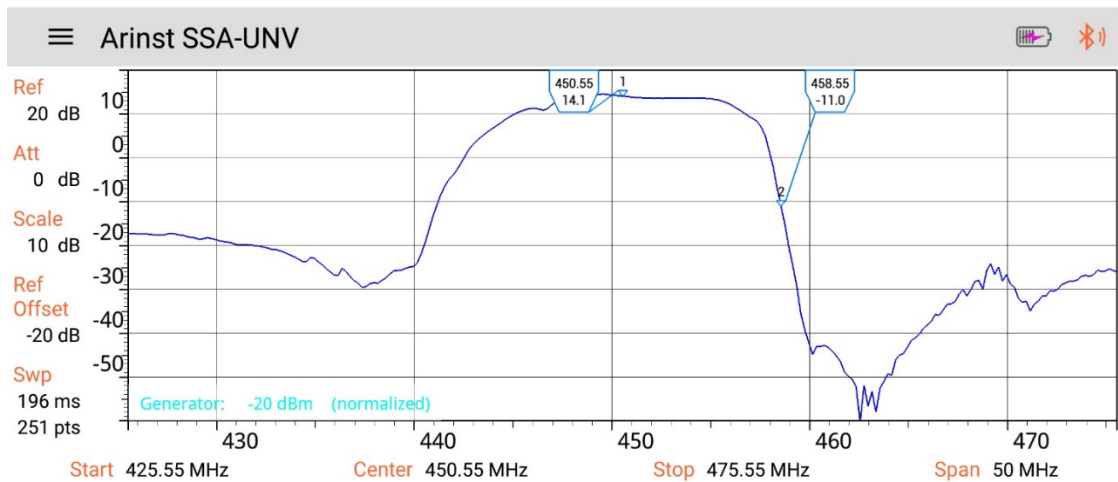
なお参考情報として、基地局塔頂受信アンプの BPF 特性及び移動局受信機に内蔵したプリアンプの BPF 特性を示しておく。

今回の調査を見る限りこれらのフィルタの必要性は無く、議論の対象とはならない。

〔写真 1〕 基地局塔頂アンプ BPF 特性 (SAW)



〔写真 2〕 移動局受信 BPF 特性 (SAW)



2.3.3 第1回技術試験

(1) 電波伝搬調査

7月からタワーに基地局を設営し、所有する実験試験局により通信確認及び以下の項目の電波伝搬調査を行う。

具体的には、第1回技術試験として、以下の事前調査を行った。

| 電波伝搬調査 | 通信確認、長距離山間伝搬調査、ビル影等調査、通信エリア確認 | |
|---------|--|---|
| 調査実施時期 | 調査内要 | 調査結果 |
| 7月27日実施 | 基地局設営・通信確認（移動局3局） 調査コース事前確認（名古屋駅周辺、日進市内） | 基地局5W移動局2W ほぼ良好 |
| 7月28日実施 | 電波伝搬調査（長距離伝搬：豊橋・蒲郡方面50km） （豊田市東北部山間30km・豊田市市街地20km） （ビル影調査：名古屋駅西周回、日進・みよし周回） | 蒲郡海岸、豊橋平野で 不感がみられる。 ビル影、豊田・岡崎市 街地25kmは良好 |
| 8月23日実施 | 電波伝搬調査（長距離山間伝搬：豊橋東部山間35km） （ビル影：名古屋駅西周回、日進市役所―赤池駅間） （精密伝搬調査：日進市北東地区―東郷美化センター間） | （結果を実況報告） |

(2) 検証通信エリアの確認及び伝搬試験

日進市内を路線とする名鉄バス株式会社（以下、「名鉄バス」という。）のバス路線（赤池・日進中央線）を対象として、実験試験局（移動局相当）を持ち込み、路線コースを試走し、バス停通過通報等を発呼する。

また、ゴミ収集車、タクシーの集配、配車及び車両運行管理用アプリケーションを模した通信試験を行い、複数のアプリケーションでのデータ通信機能及び共同利用効果を検証する。

- ① バスロケーション等の業務用通信アプリケーションを模擬設定し、そのデータ通信機能及びショートメッセージ機能を確認する。
- ② フィールド伝搬調査による広域通信サービスの有効性を確認する。
大ゾーン長距離通信性能を検証し、ビル陰等の通信性能を確認する。

(3) 検証スケジュール

以下の電波伝搬調査及びアプリケーション検証を行う。

- | |
|-------------------------------|
| ① 広域・長距離伝搬調査、ビル陰等詳細伝搬調査（走行調査） |
| ② 日進市巡回バス路線走行による疑似アプリケーション検証 |

| 試験検証及びデモンストレーション | | | |
|------------------|-------------------------------|-----------|-----------|
| 第1回 | 1日目(7/27) | 2日目(7/28) | 3日目(8/23) |
| 事前 | 既存無線局による基地局設営・電波環境調査（7-8月：2日） | | |
| 基地局 | 基地局設営（TEST） | 電波環境調査 | |
| 7-8月 | 通信エリア伝搬調査・通信機能検証・ビル陰等詳細伝搬調査 | | |
| 移動局 | 午後（通信機能確認） | 全日（3コース） | 第1回調査検討会 |
| 第2回 | 日進市周辺での通信機能確認及び疑似アプリケーション試行 | | |
| 11-12月 | 午後 | 全日 | 全日 |
| 第3回 | 複数アプリケーションによるデモンストレーション検証 | | |
| 12-1月 | 全日（事前確認） | 全日（昼間確認） | 予備日 |

| 走行検証コース（数字は、ルート番号） | |
|------------------------------------|--|
| （第1回技術試験） エリア伝搬調査 | ① 長距離走行伝搬調査：豊橋方面、豊田山間方面 ② 名古屋駅周回ビル陰調査+日進周辺全域 |
| （第2回技術試験） アプリケーション試験 （日進市地域） | ① 日進市バスロケ7路線+乗入1路線 ② ゴミ収集車2台 ③ タクシー空車モニター等（予備）5台 |
| （第3回技術試験） アプリケーション検証 （日進市周辺） | ① 3つの疑似アプリケーションによるデモンストレーション検証 |

2.3.4 第1回技術試験以降の計画内容

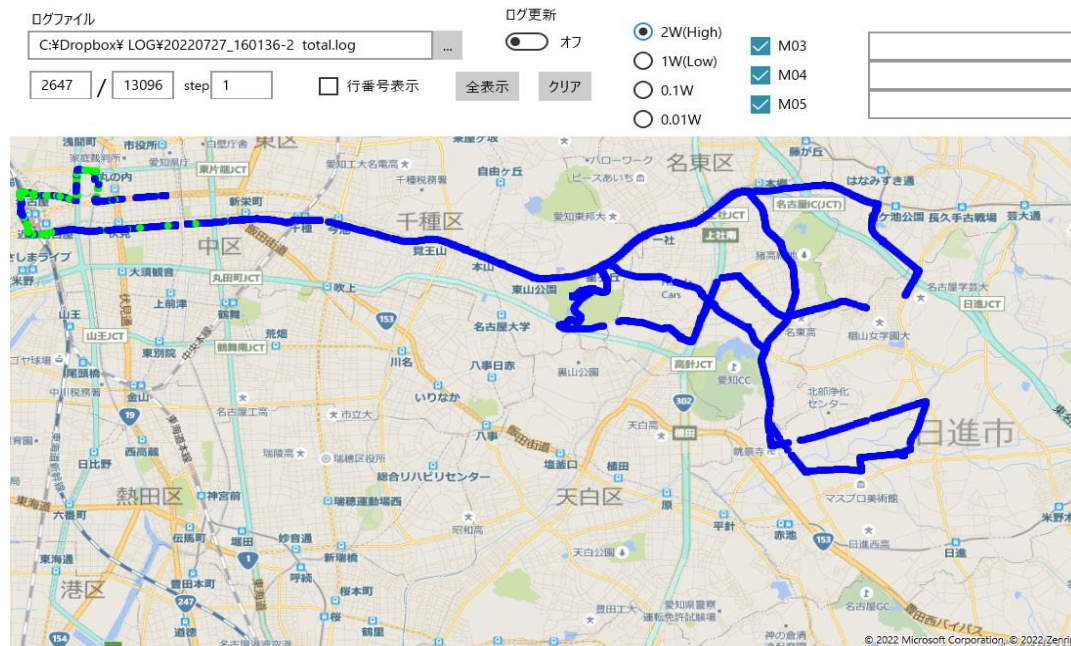
電波伝搬調査及び通信エリアの確認のための第1回技術試験に引き続き、複数の通信アプリケーションを導入しての同時通信試験を行う第2回技術試験を計画し、第2回調査検討会に提案する。

2. 4 第 1 回技術試験の実施状況

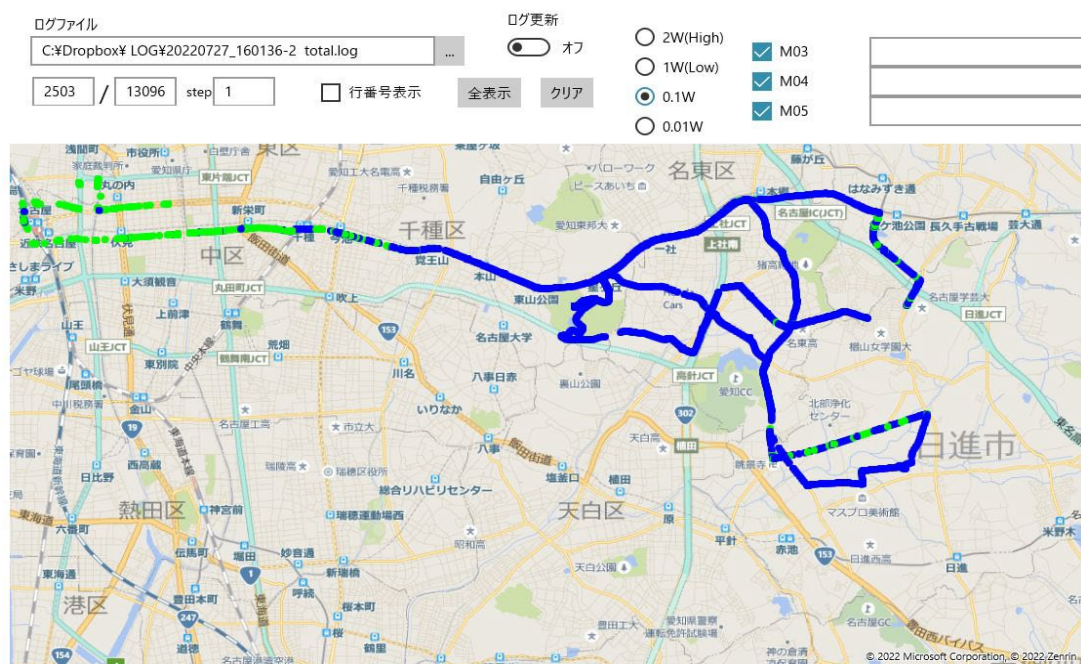
まず、移動局 2W からの上りの基地局の受信状況について分析する。

2.4.1 全体結果の概要

[7月27日 全体2W]



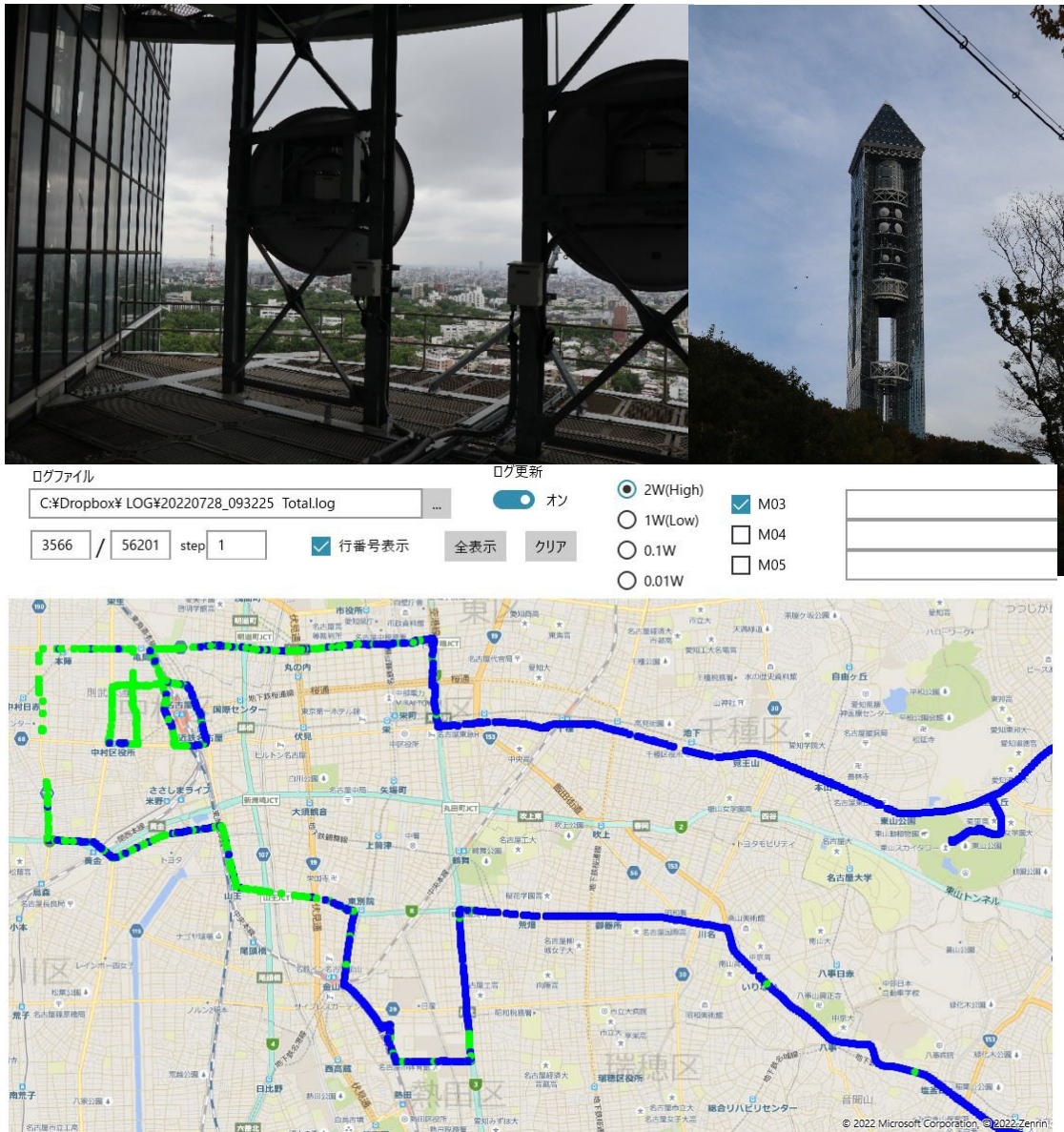
[7月27日 全体100mW]



2.4.2 ビル陰伝搬調査

名古屋駅周回、特に名古屋駅北西方面の再測定を行う。移動局送信電力が低く、タワー基地局の空中線設営の悪い条件においてもビル陰送信の大きな受信レベル低下は見受けられなかった。

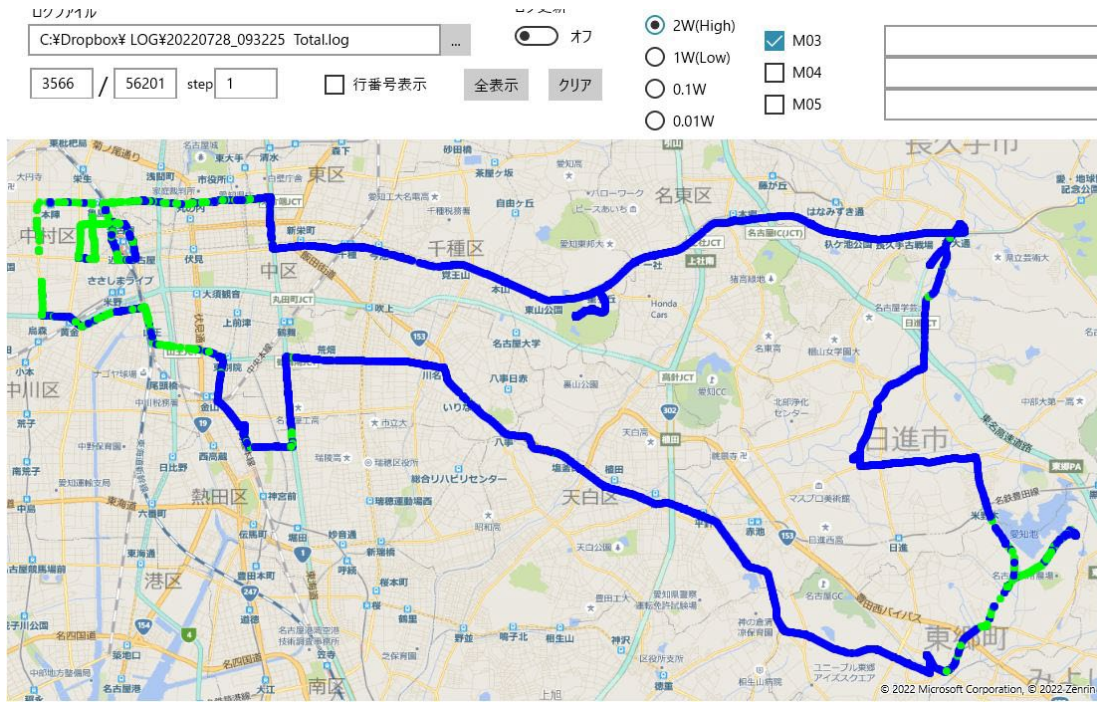
従って、基地局空中線を全方位的に設営すれば、8km 離れた名古屋駅高層ビル陰による通信の途絶はなく、シームレスなデータ通信が確保できるものと思料される。



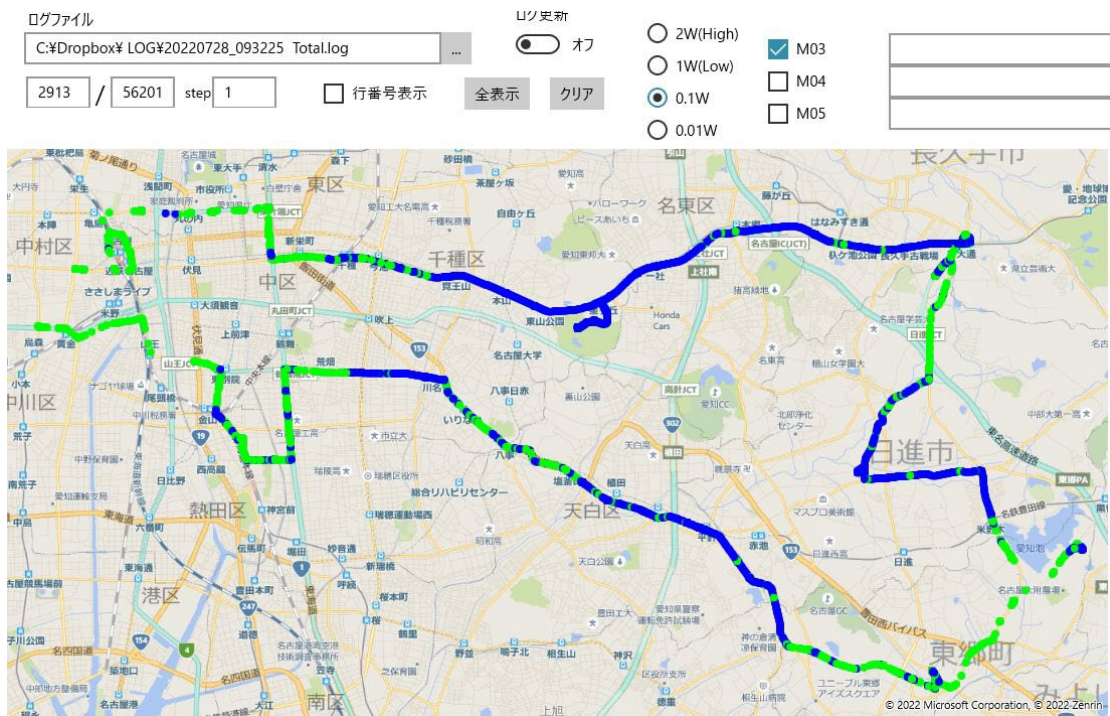
なお、地図上に示した受信レベル(RSSI)の色表示については、以下のとおりである。
 青：-100dBm以上、緑：-110~-100dBm、黄：-115~-110dBmを示す。

2.4.3 検証フィールド周辺

〔名古屋駅・日進市・東郷町 2W〕

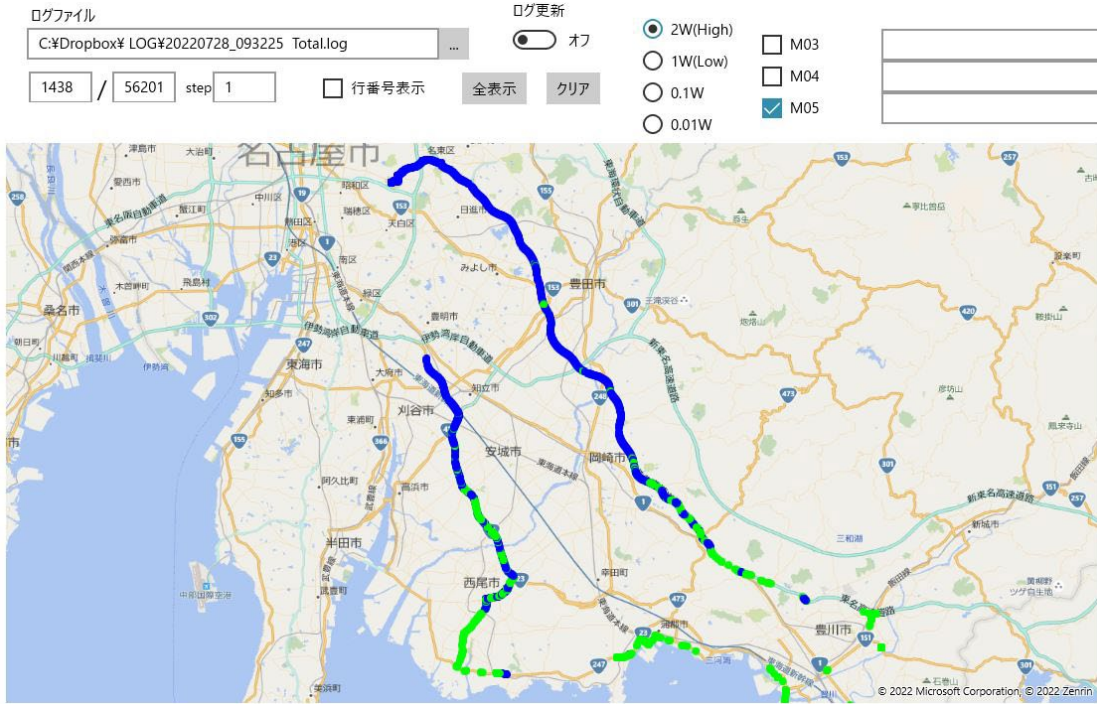


〔名古屋駅・日進市・東郷町 100mW〕

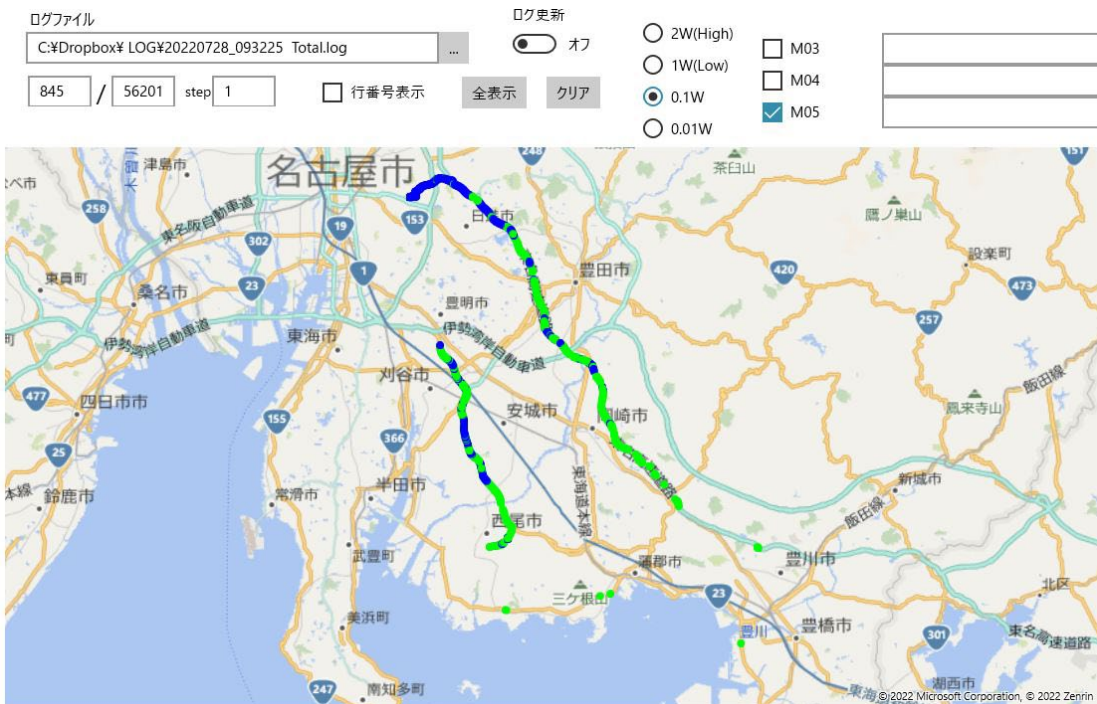


2.4.4 長距離走行調査

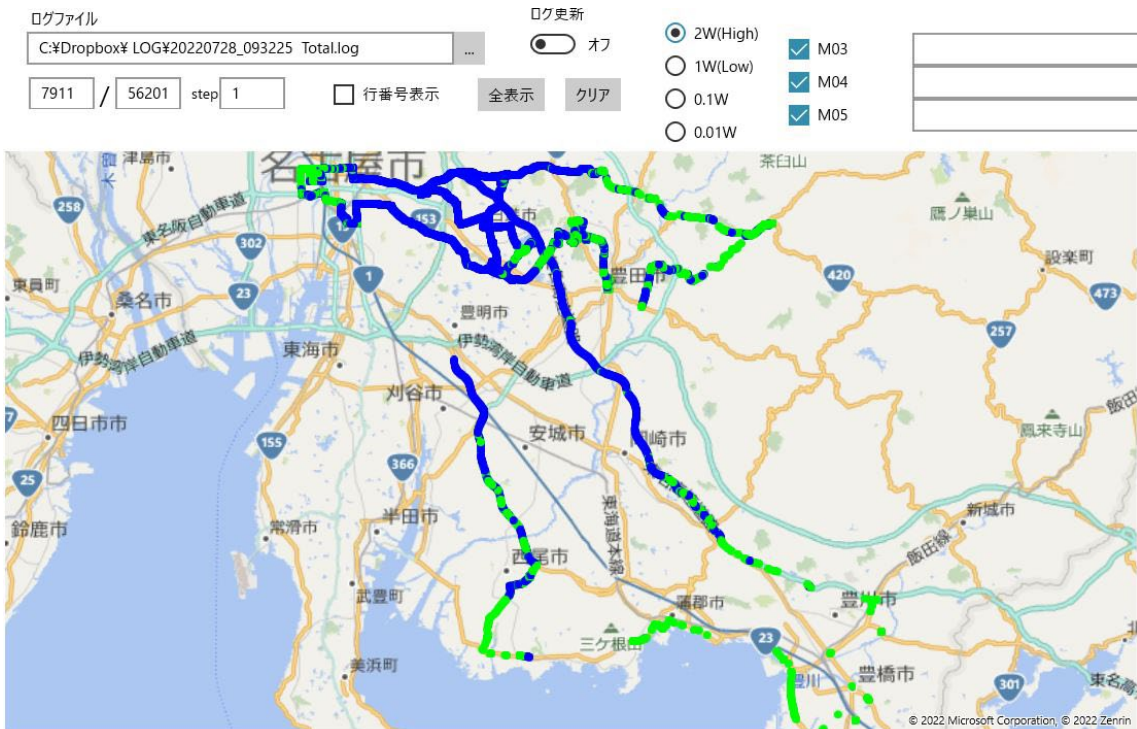
〔岡崎市・西尾市 2W〕



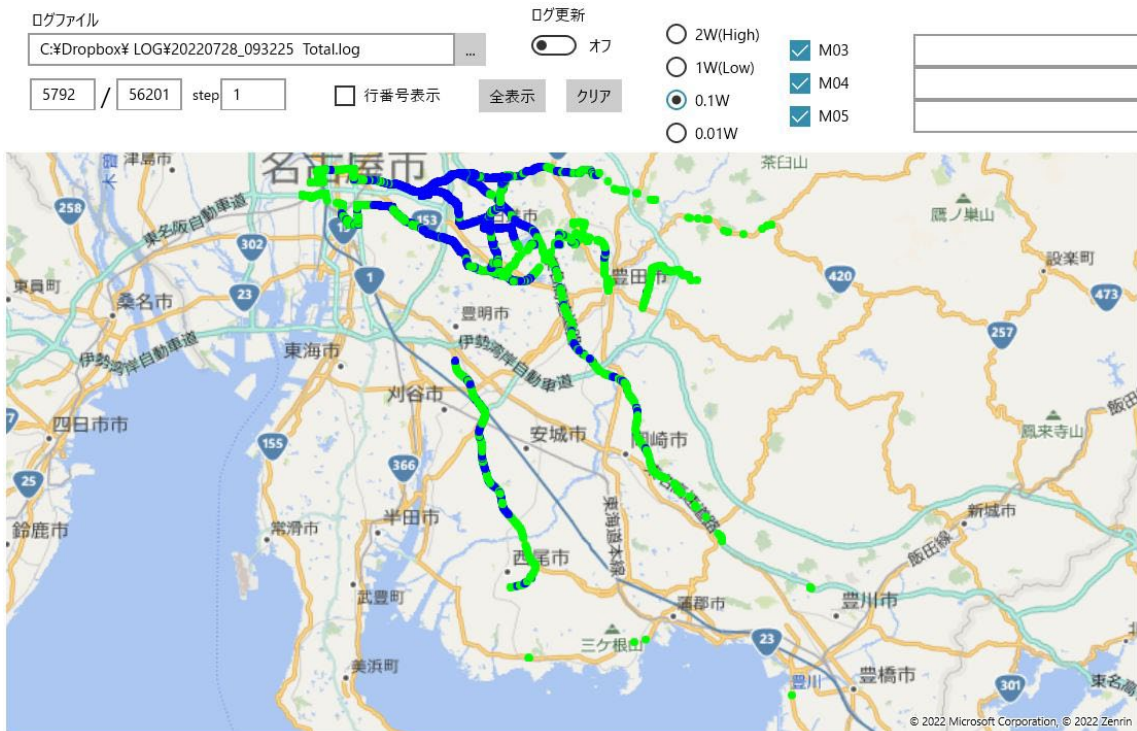
〔岡崎市・西尾市 100mW〕



〔蒲郡海岸線・豊橋方面 2W〕



〔蒲郡海岸線・豊橋方面 100mW〕

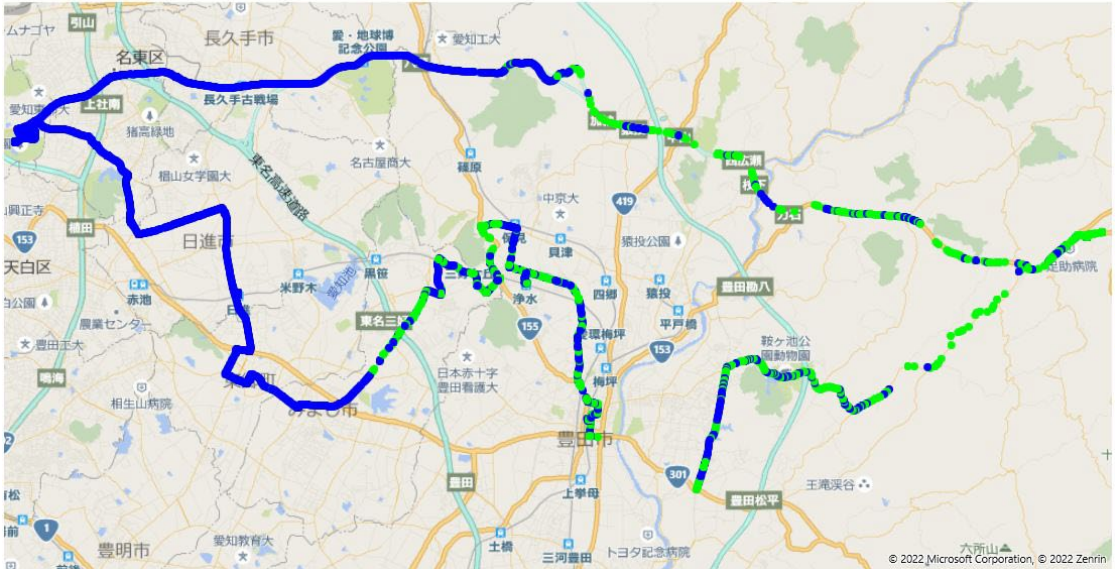


〔山間走行 足助温泉 2W〕

ログファイル ログ更新 オフ

2907 / 56201 step 1 行番号表示

2W(High) M03
 1W(Low) M04
 0.1W M05
 0.01W

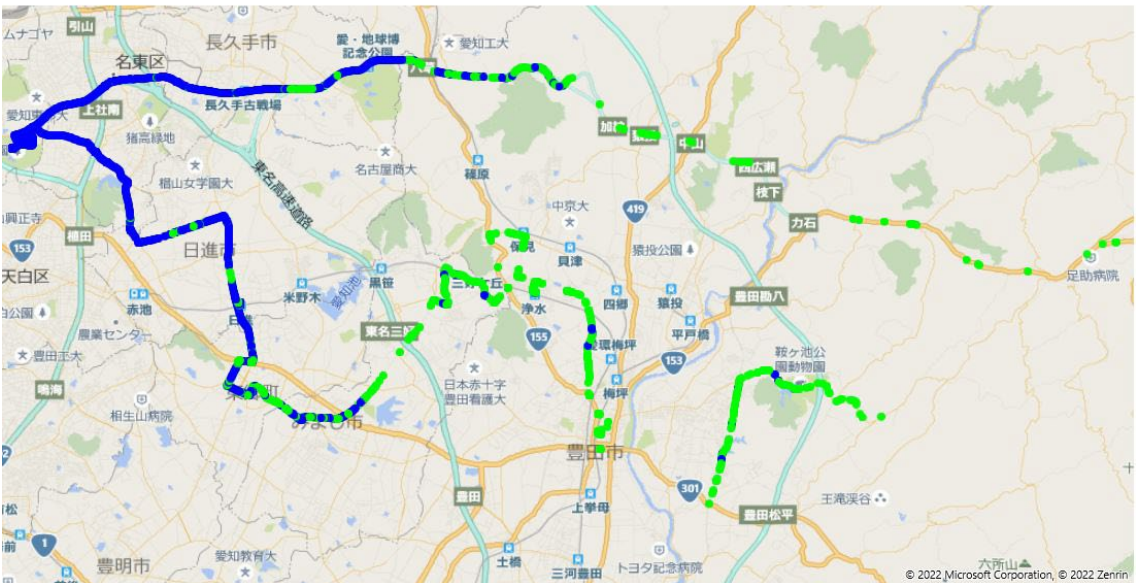


〔山間走行 足助温泉 100mW〕

ログファイル ログ更新 オフ

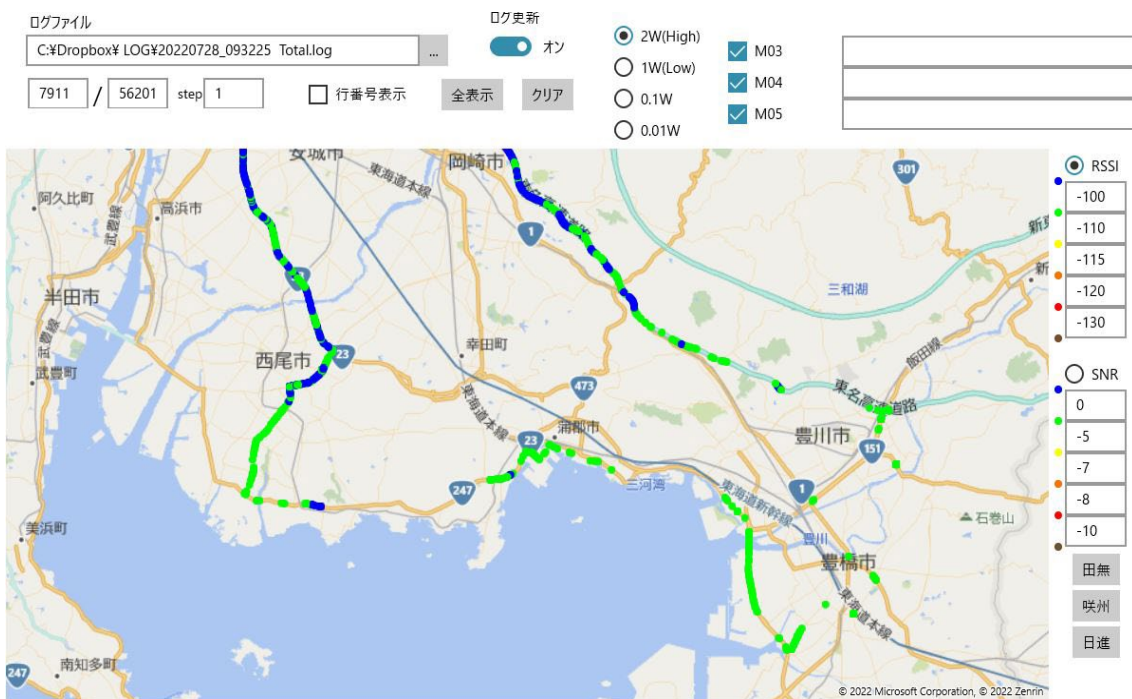
2034 / 56201 step 1 行番号表示

2W(High) M03
 1W(Low) M04
 0.1W M05
 0.01W

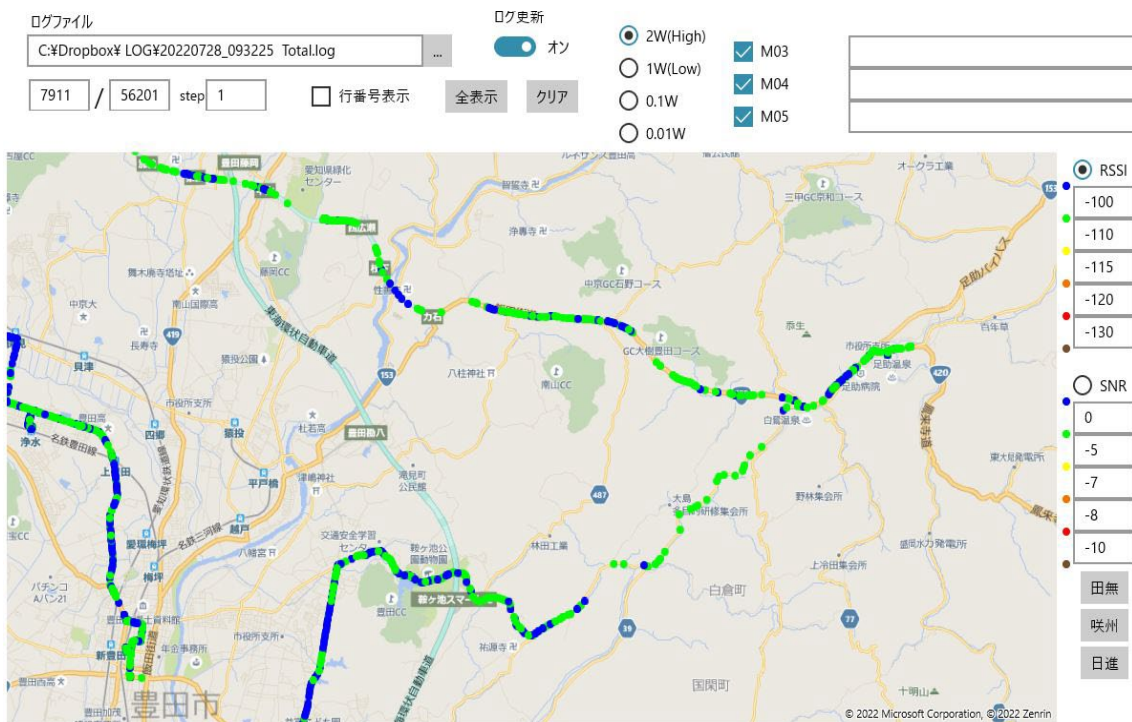


2.4.5 拡大(長距離通信)

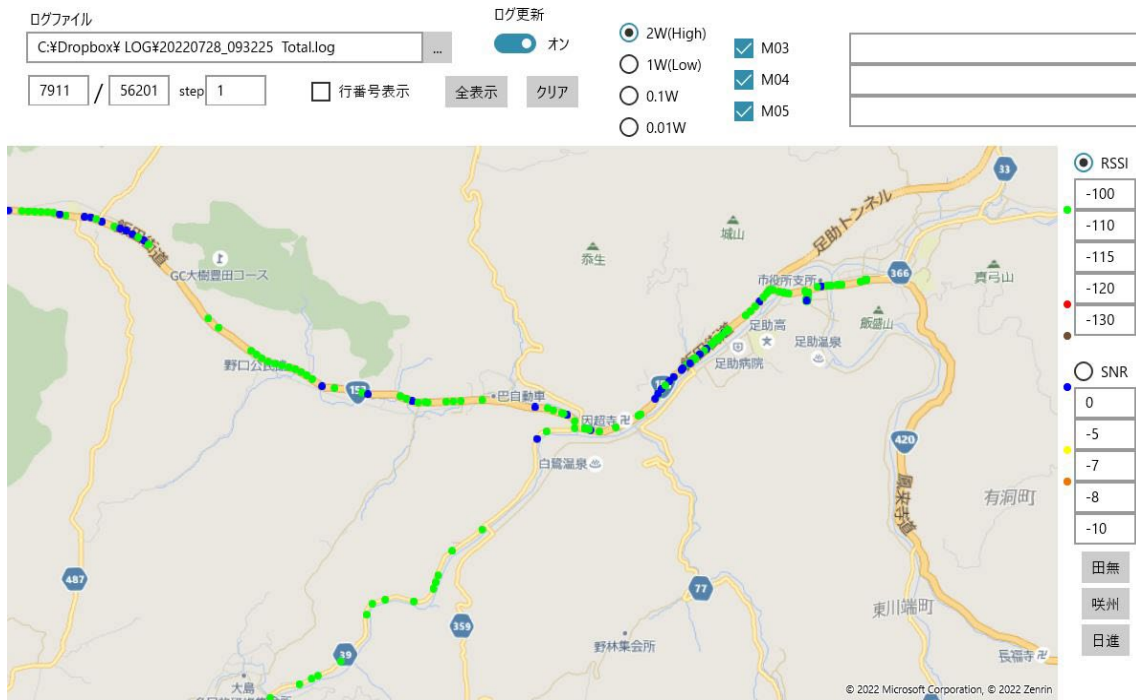
〔蒲郡海岸線・豊橋方面 拡大〕



〔足助温泉方面拡大〕



〔足助温泉 拡大〕



2.4.6 電波伝搬調査の分析

7月27日、28日に実施した電波伝搬調査については、移動局側の受信データ（基地局下り）を分析し、次項2.5において8月23日の実施データを補足し、合わせて分析評価する。

2. 5 技術試験実施結果の補足

2.5.1 伝搬調査の実施結果の補足

8月23日の試験状況については、検討会会場の音響環境や表示方法等、環境が悪く、適切に当日の説明報告できなかつたため、後日、実施結果をまとめ、以下のとおり報告した。

(1) 電波伝搬試験結果の報告

電波伝搬試験結果の分析は、2W 移動局、5W 基地局により、基地局側の受信状況分析(移動送信→基地受信、RSSI 及び SNR 分析)を行う。

移動局の送信は、2W、1W、100mW、10mW 自動切換、4秒間隔送信とした。

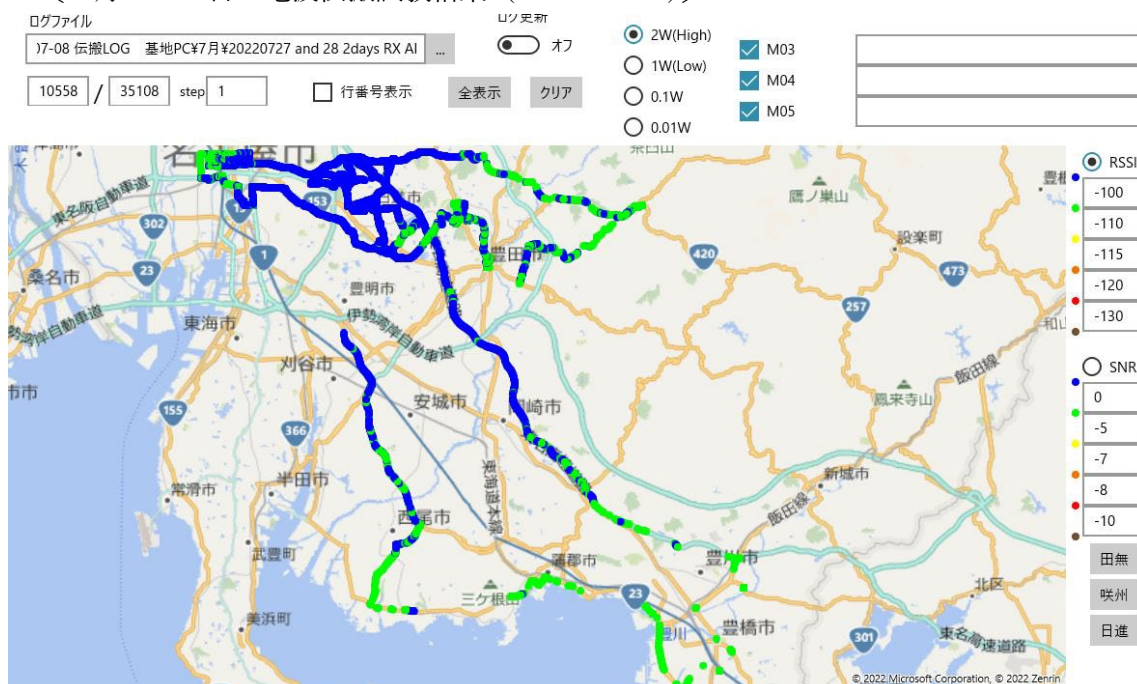
前段(7/27-28)の電波伝搬試験結果(ML2W→FB)は、下図に示すとおりであり、当日(8/23)を含む3日分統合の電波伝搬試験結果を次ページ以降にまとめた。

その結果、見通し内通信では、50km ほどの長距離通信を実現しており、日進市周辺の検証フィールドを含む良好な通信エリアが確認された。

なお、小高い丘陵地が繰り返される地形的な影響での電界の弱まりを一部に見せる愛池南低地部については、拡大図に示すとおり、ほぼ良好な通信が確保されている。

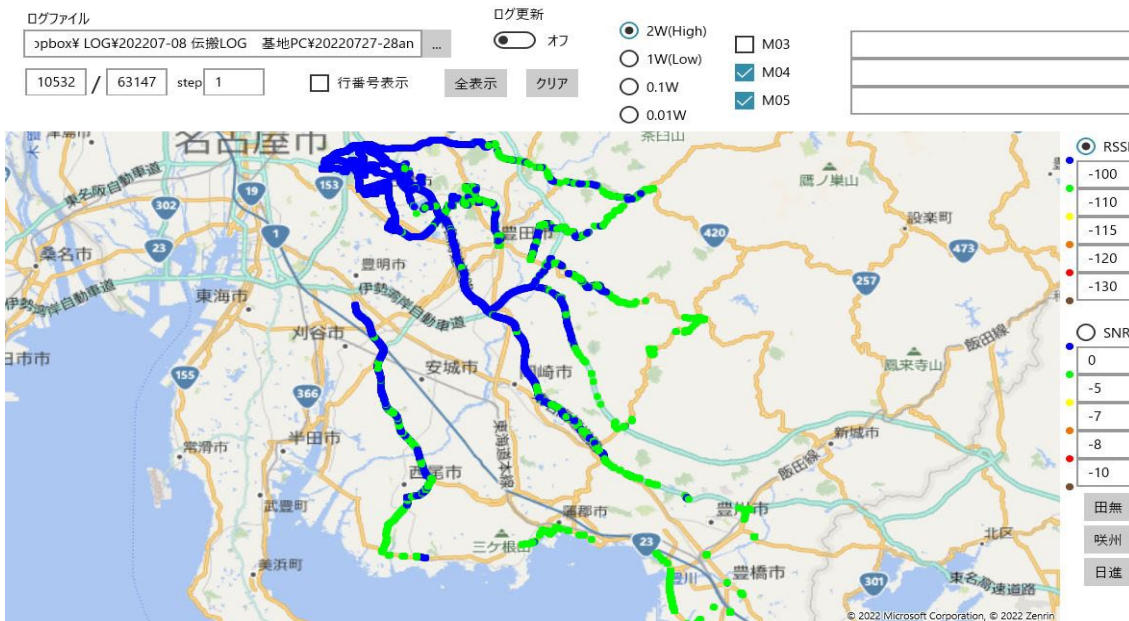
また、この路上での一部の不感スポット地点については、後日(11月30日及び12月1日)、出力5Wの実験試験局(移動局相当)による電波伝搬調査を行い、地形的な影響であることを再確認している。

〔7月27-28日の電波伝搬試験結果(ML2W→FB)〕



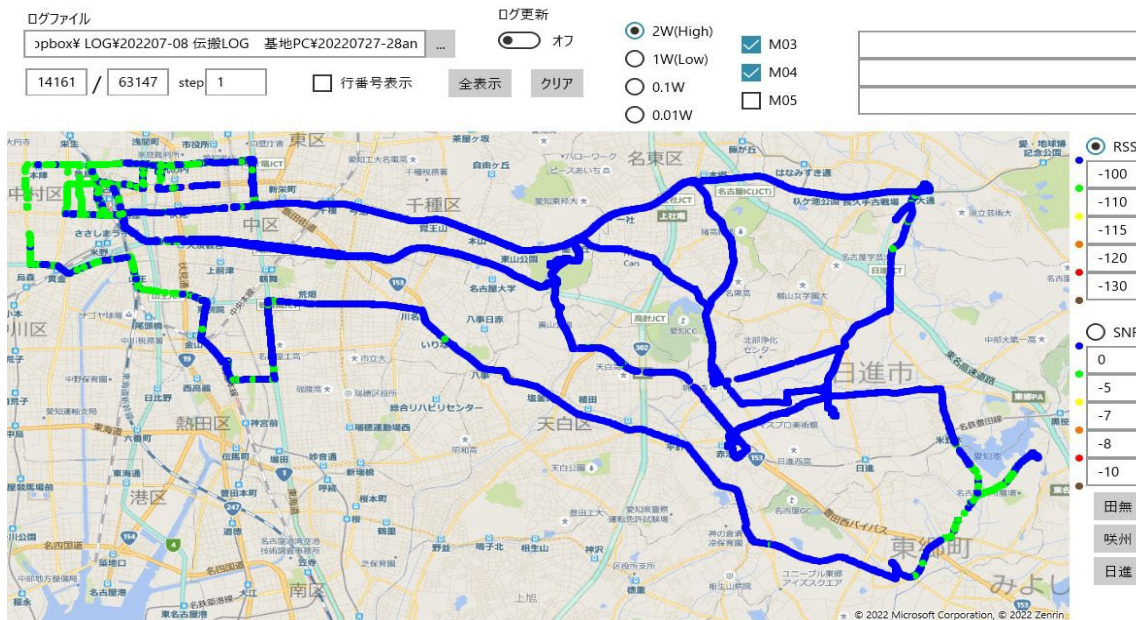
7/27-7/28 全体 2W

〔8月23日を含む3日間の東方面の全体統合試験結果(ML2W→FB)〕



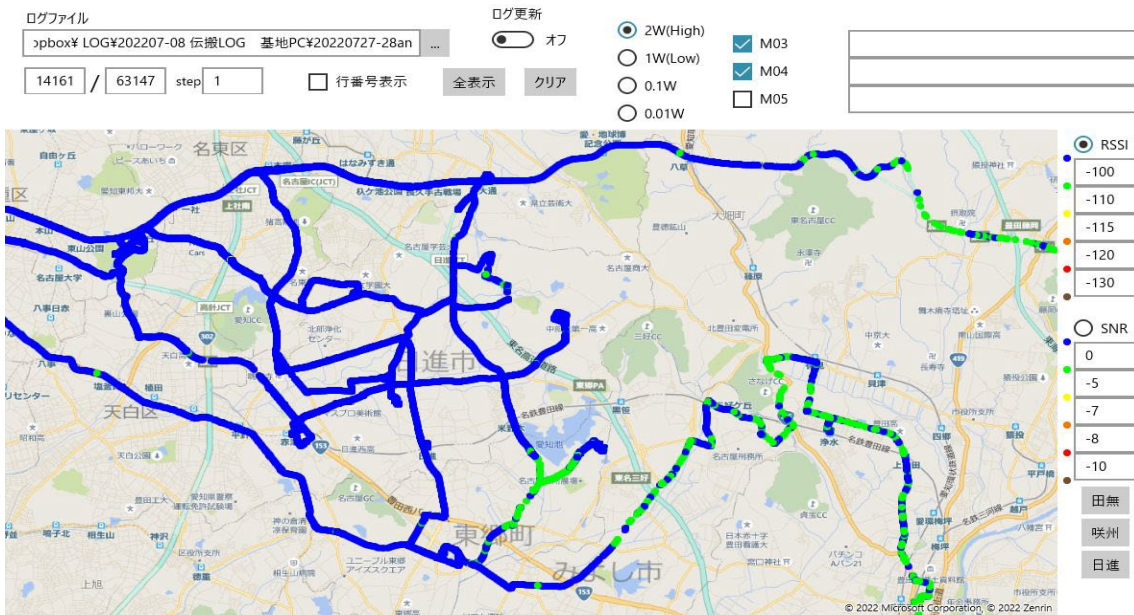
7/27-7/28、8/23 3日分統合データ タワー東方向遠隔地

〔3日分統合 市街地の電波伝搬試験結果(ML2W→FB)〕

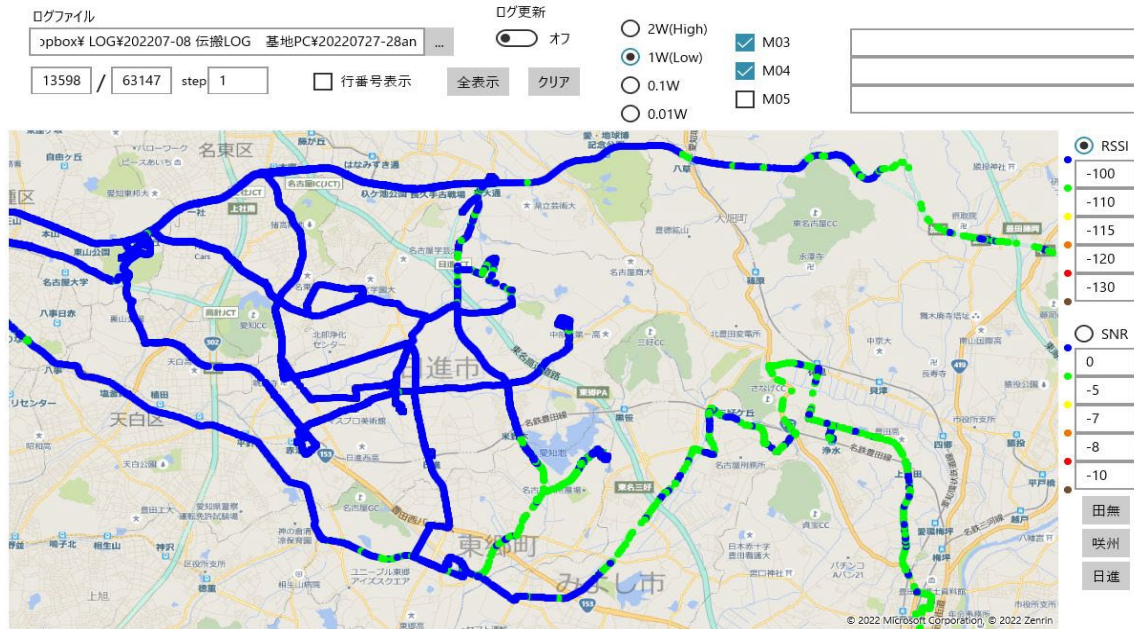


7/27-7/28、8/23 市街地 2W

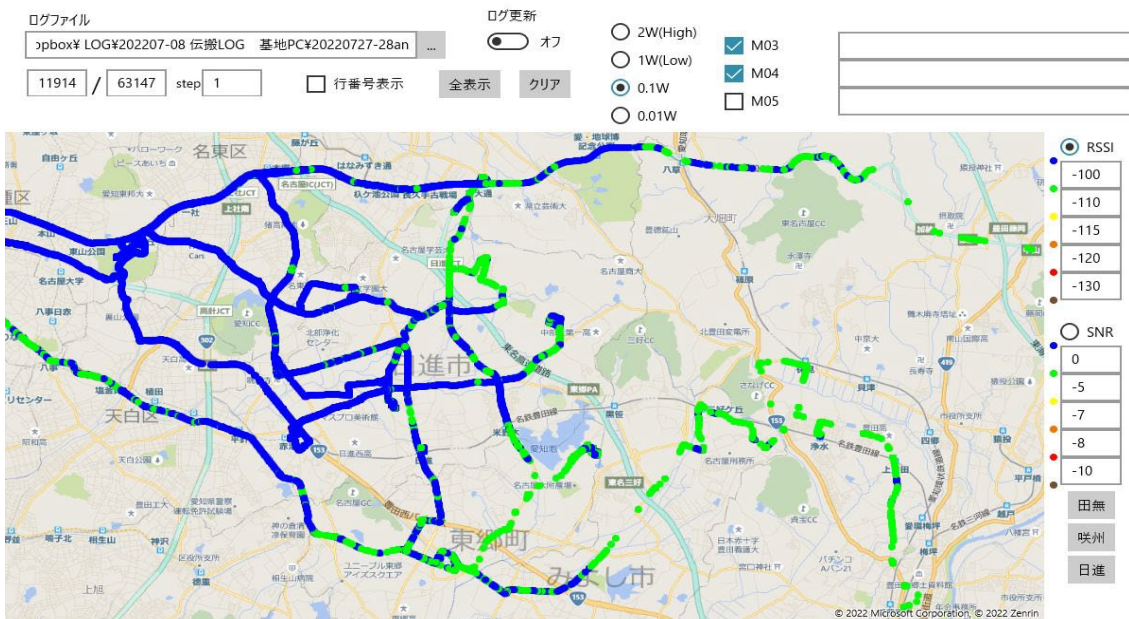
〔愛知池方向の電波伝搬試験結果 (ML2W→FB)〕



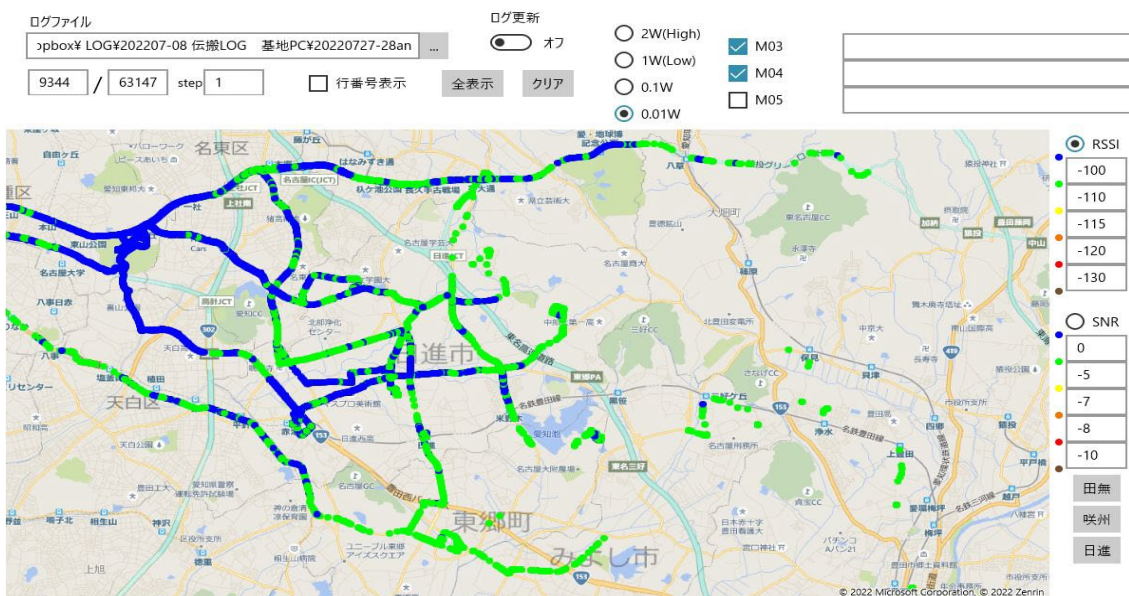
〔愛知池方向の電波伝搬試験結果 (ML1W→FB)〕



〔愛知池方向の電波伝搬試験結果 (ML100mW→FB)〕

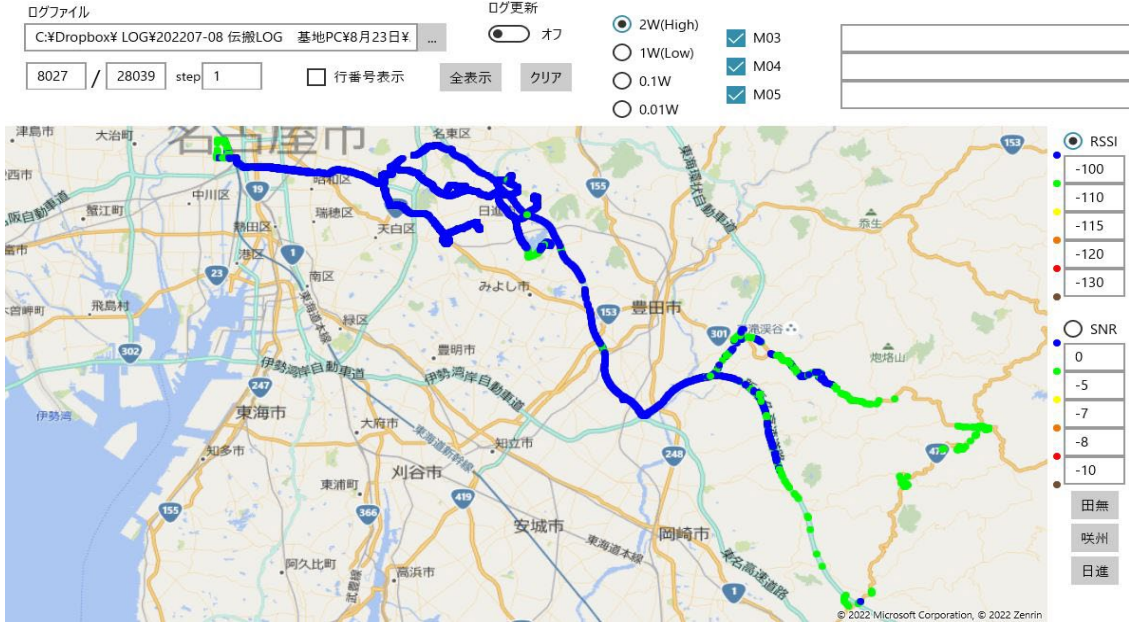


〔愛知池方向の電波伝搬試験結果 (ML10mW→FB)〕

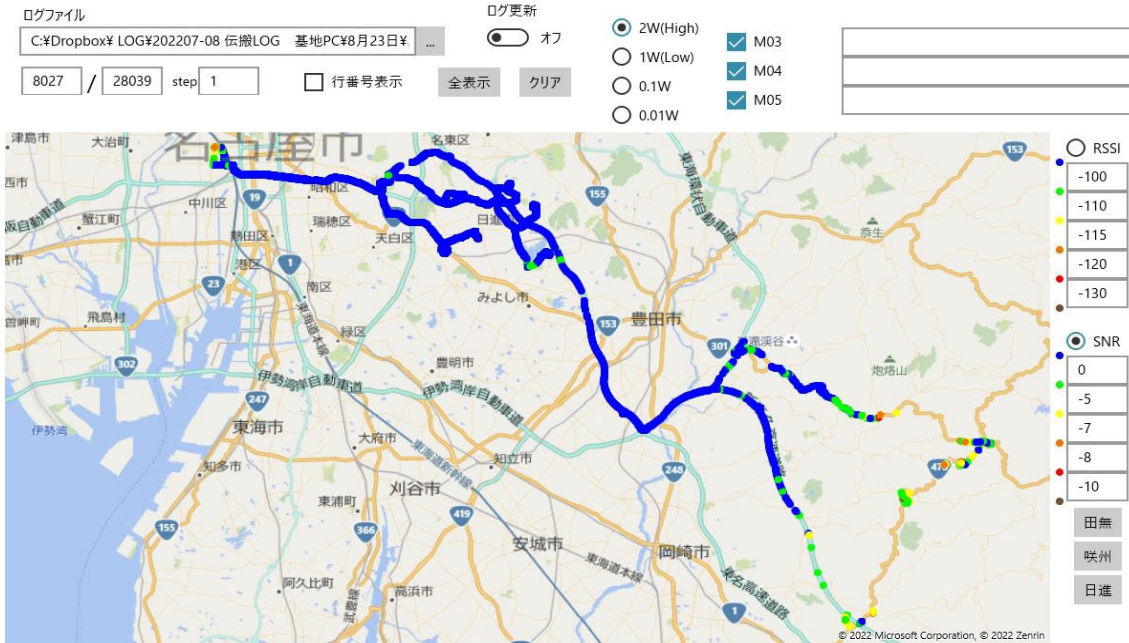


<参考> 8月23日分の電波伝搬試験結果(ML2W→FB)

〔8/23 全車全体走行 RSSI 表示〕



〔8/23 全車全体走行 SNR 表示〕



2.5.2 ダイバーシティ効果試験

(1) 試験実施方法

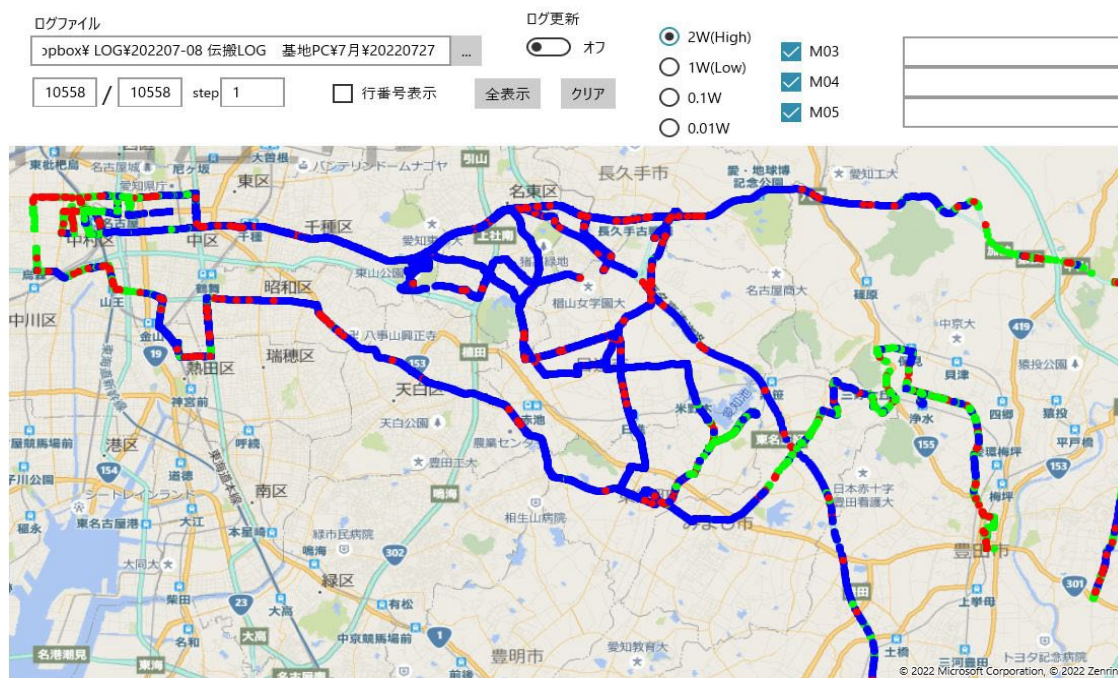
二組の受信機の空中線位置をおよそ 6m 離して両方で受信する。

仮にメイン受信を R1 とし補助を R2 とした場合、R1 だけで受信出来たものはダイバーシティ効果とは無関係である。単一の受信と同じである。R1 受信を失敗して、R2 で受信ができた場合をダイバーシティ効果有りと判定する。それを地図上では赤色のドットとして表示した。移動局発報が 4 秒毎で密度が濃いのであとから追加したドットが色彩効果もあり目立つが、その赤色ドットを除去した地図も掲載した。(ダイバーシティ効果なしの地図である) 注目すべきはダイバーシティが無い状態でのドットの連なりが途切れ、赤色のドットで補完できているかどうかである。

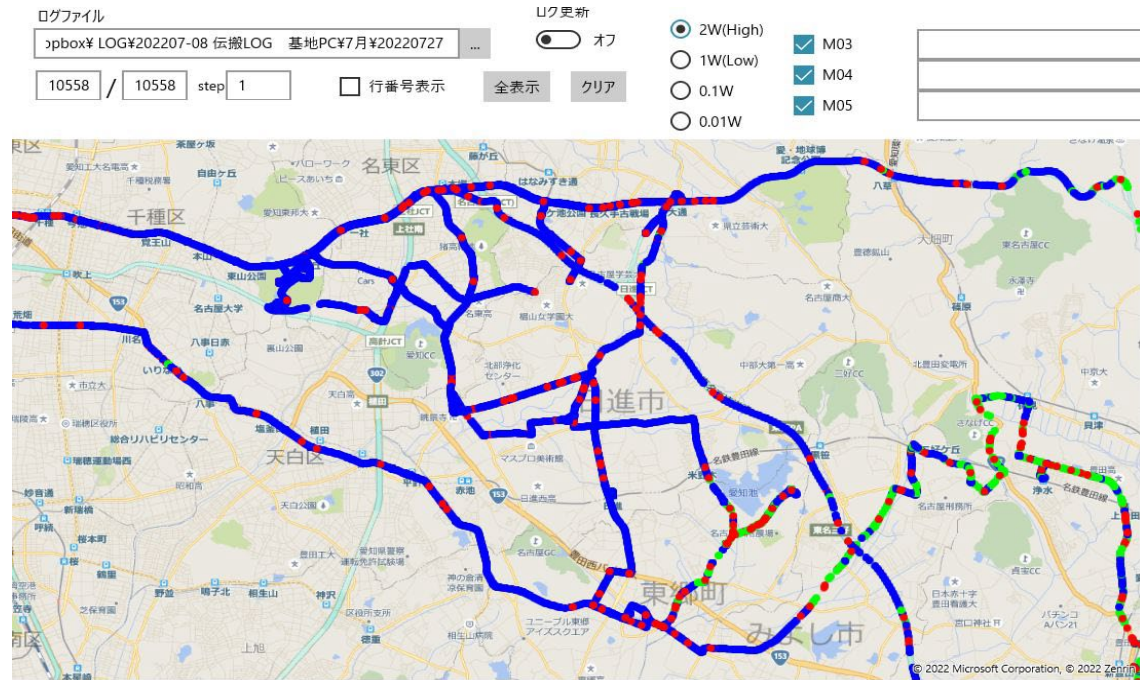
名古屋駅西側のビル影では通信エリアを拡大する効果が見られるが、その他では連なっている青、緑ドットの上に 1, 2 点乗っているだけで途切れを埋めている状況では無い。

7 月 27, 28 日の走行データで採取したダイバーシティ効果のデータで、2W だけを見ると、10,558 回の通信成功のうちダイバーシティ受信で救われたのが 8.4% で 894 回の通信が救われている。通信回数としては大きく見えるが、地図上での分布を見ると、もとの通信回数が多いこともあり、これが無くては通信システムが成り立たぬと言えるほどでは無い。

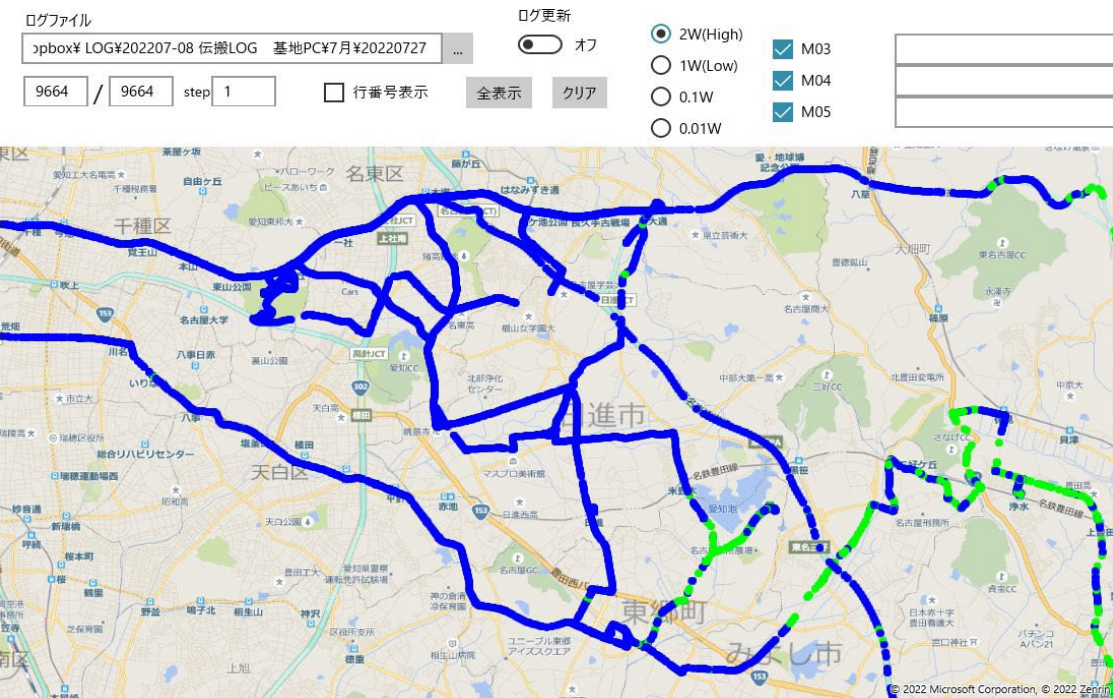
(2) ダイバーシティ効果比較



〔ダイバーシティ効果 7/27-7/28 2W〕



〔ダイバーシティ効果 7/27-7/28 日進市 2W〕



〔ダイバーシティ効果なし 7/27-7/28 日進市 2W〕

赤(ダイバーシティ補助)が無くても連続的に通信は成立している。

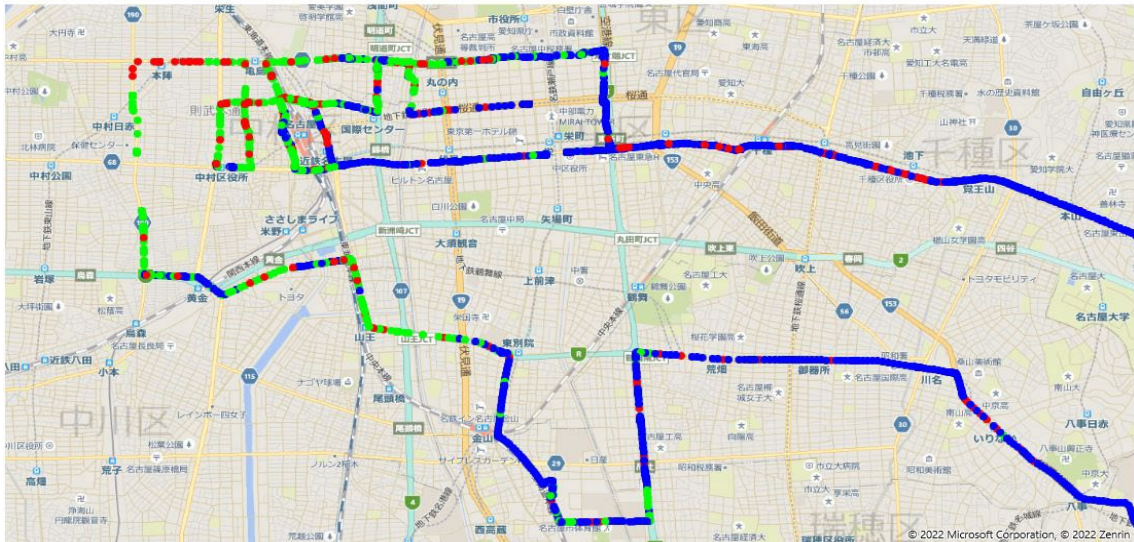
ログファイル ログ更新

▷pbox¥ LOG¥202207-08 伝搬LOG 基地PC¥7月¥20220727 ... オフ

10558 / 10558 step 1 行番号表示

- 2W(High)
- 1W(Low)
- 0.1W
- 0.01W

- M03
- M04
- M05



〔ダイバーシティ効果 7/27-7/28 名古屋駅 2W〕

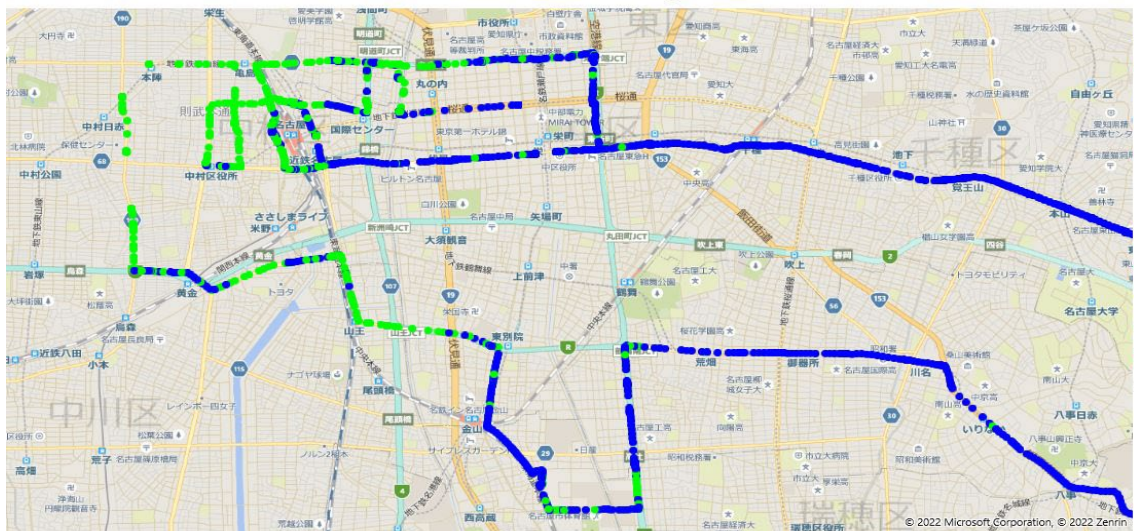
ログファイル ログ更新

▷pbox¥ LOG¥202207-08 伝搬LOG 基地PC¥7月¥20220727 ... オフ

9664 / 9664 step 1 行番号表示

- 2W(High)
- 1W(Low)
- 0.1W
- 0.01W

- M03
- M04
- M05

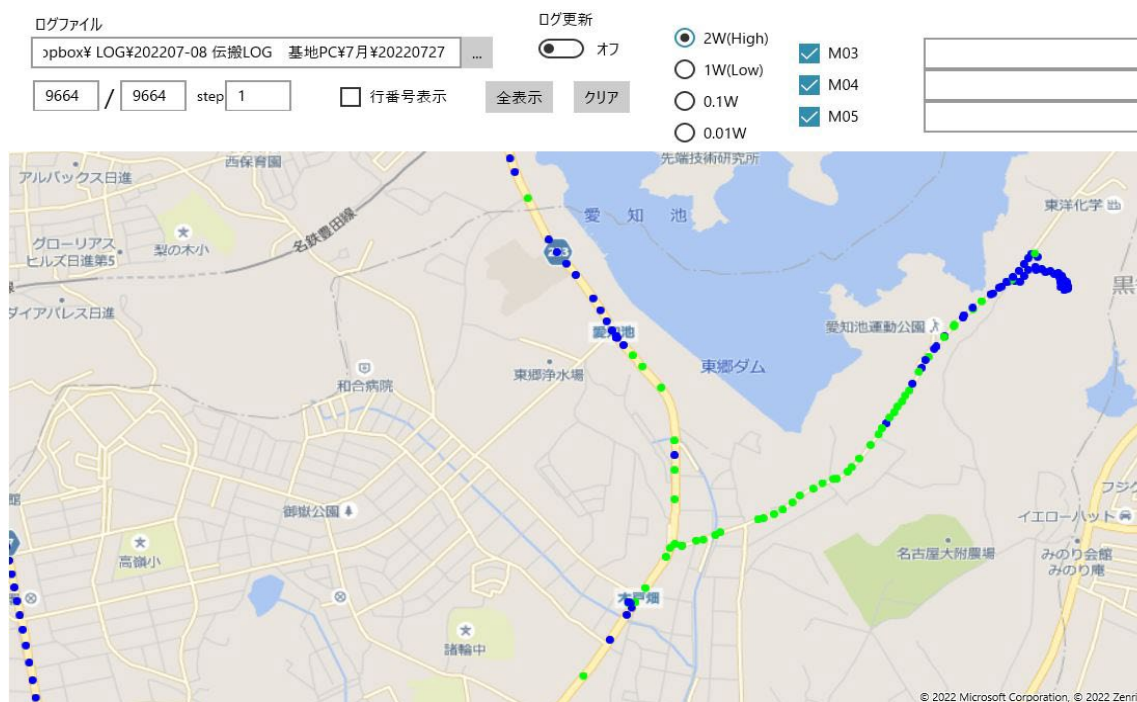


〔ダイバーシティ効果なし 7/27-7/28 名古屋駅 2W〕

赤(ダイバーシティ補助)が無くても連続的に通信は成立している。
名古屋駅西のビル陰では効果が見られる。



〔ダイバーシティ効果 7/27-7/28 愛知池 2W〕



〔ダイバーシティ効果なし 7/27-7/28 愛知池 2W〕

地形的な影響での電界の弱さを補うほどの効果は無く、若干の効果が見られるだけで、基本的には見通し内通信による通信が成立することが分った。

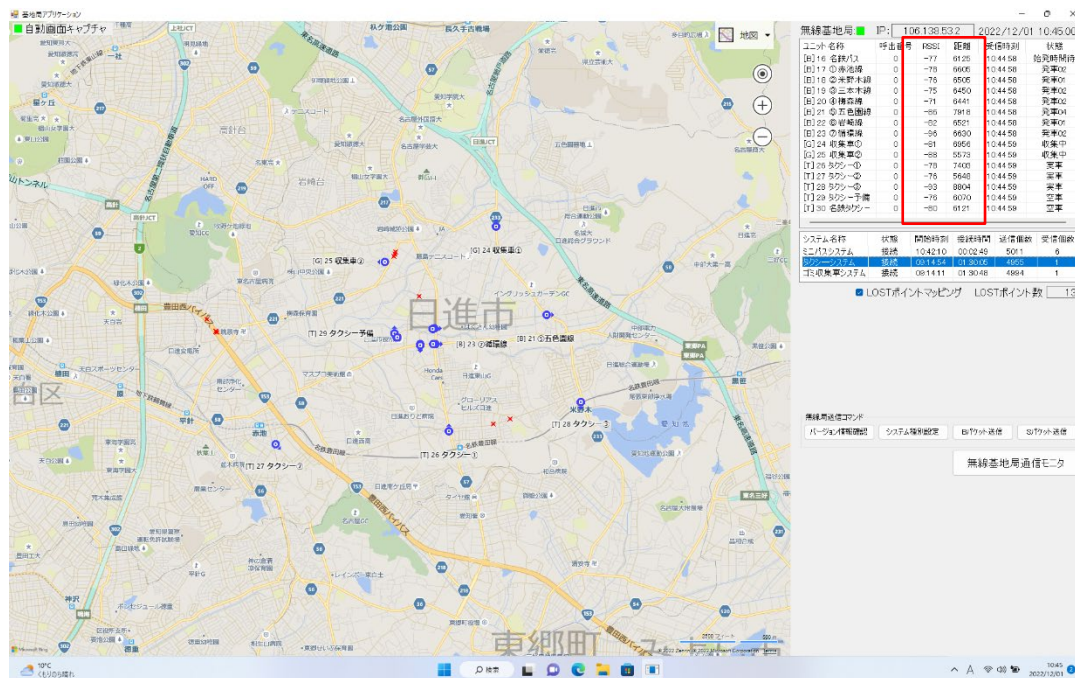
2.5.3 5W 移動局による試験結果

社会実証試験に先駆けて、事前の電波伝搬調査及び通信エリア確認は、7月から9月にかけて、基地局5W、移動局2W 出力の無線機により行った。社会実証試験に使用する5W無線機の免許を待って、5W移動局による通信エリア確認については、11月末からのシステム総合試験に合わせて、確認試験を行った。

長距離の見通内通信については、すでに確認していることから、この5W移動局による通信エリア確認は、名古屋駅以西のビル陰と日進市周辺部において行い、ビル陰の不感スポットの解消と日進市エリアへのRSSI値が、下の基地局PC画面の表示に示すように、10dBm以上の改善が得られていることを確認した。

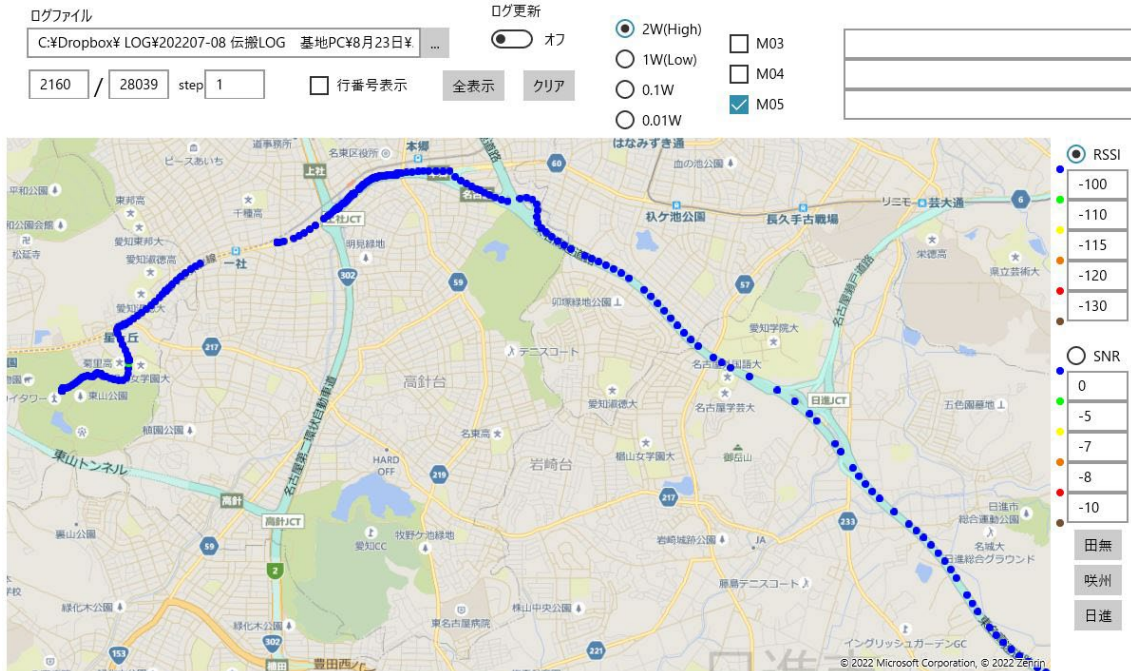
また、2Wでの調査で通信が取れなかった、みよし市の愛知池南低地部の走行調査を再試行したが、前項2.5.2と同様に、地形的な影響での電界の弱さを補うほどの改善は、得られなかった。

〔12月1日の基地局PC画面〕 移動局のすべての移動先でのRSSI改善を確認した。



2.5.4 高速走行調査結果について

[移動走行速度とドット表示密度の例]



移動局の信号発報は4秒毎である。

1回の送信で2W、1W、0.1W、0.01Wの4段階の出力をそれぞれ約90msecの送信動作をする。

移動局同士の送信衝突は起らない。基地局からのタイミング信号に同期してGPS時計によって正確なタイミングで送信している。

従って、走行速度が速くなると、高速道路などではややドットの間隔が広がり、信号待ちなどでは、同じ位置でのドットが重なる表示となる。

なお、40km/h走行では4秒で44.4m移動する。

第3章 技術試験のシステム構成及び機能仕様

3. 1 技術試験の概要

LoRa®方式の無線機を使用して、複数の移動無線通信機能を組み合わせて、ひとつのシステムに統合する。LoRa®方式は、無線免許不要のLPWAのひとつとして普及しているが、今回の技術試験ではライセンスバンド（免許制）の制度化に向けて、基地局を共用する複数のユーザーが、異なる利用方法でこれを利用して、地域の周波数有効利用を図るものである。前提条件としては、これまで行った大都市でのタクシー配車システムのような高トラフィックではなく、郊外の比較的運用頻度が低いコミュニティバス、オンデマンドタクシー、ごみ収集管理等をシステムの例として、統合して収容し、インターネットを介してその情報を共有し活用するシステム構成とする。

第2回技術試験では、基地局を複数のアプリケーションで共用して無線通信を実現して、各システムが相互干渉をせずに、それぞれの機能が実現できることの確認を第一の目的とする。

さらには使い勝手の課題、通信の信頼性などの課題等についてシステムを利用する立場での課題と解決策を検討することを目的とする。

収容するシステムの種類は3種類で実施しているが、通信容量、システムの性格などで、より多くの種類を収容することが可能であろう。本章では本試験のシステム構成に含まれるソフトウェアについて記述する。

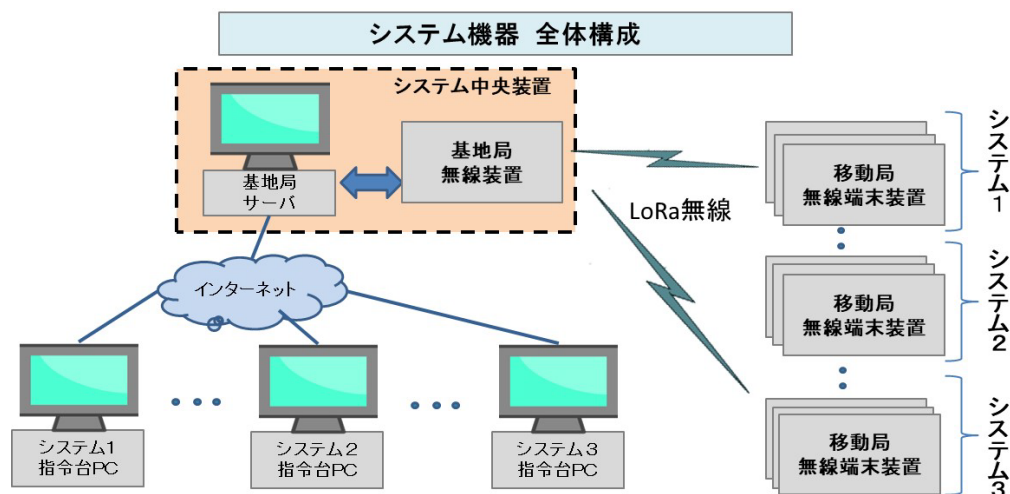
3. 2 システムの全体構成

基地局1台、移動局15台が無線機器の構成であり、基地局の無線機には1台のPCが接続される。基地局のPCはシステムインタフェースとしてインターネットを介してアプリケーションの数に等しい3台のPCにサービスを提供する。技術試験ではPCも移動可能で携帯電話会社に加入するWiFiルータなどでインターネットに接続する。

システム中央装置(基地局サーバ及び無線機)は無線鉄塔高所にあり実験の中心になる。

各システム指令台は市役所/企業の会議室などに仮設され、随時実験の状況を説明しデモする。

実用時にはシステムサーバはクラウドサーバなどで利用可能である。



3.2.1 技術試験用無線機の構成

無線機には基地局無線機 1 台と移動局無線機 15 台がある。

移動局は基地局とのみ無線通信を行う。通信方式は LoRa®変調方式の二周波半復信である。

基地局は同時に送受信ができるようにアンテナを送受それぞれで独立して使用する。

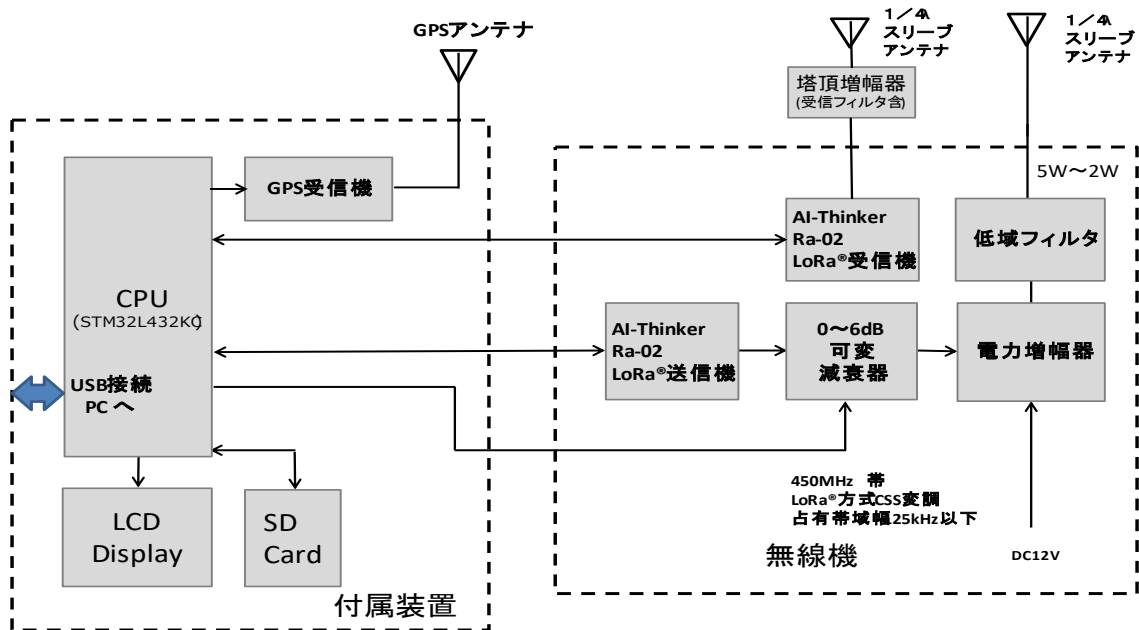
移動局は、送信中には受信しないので、アンテナは 1 本で切り替えて使用する。

基地局の送信周波数は 450.55MHz、移動局の送信周波数は 458.55MHz とした。

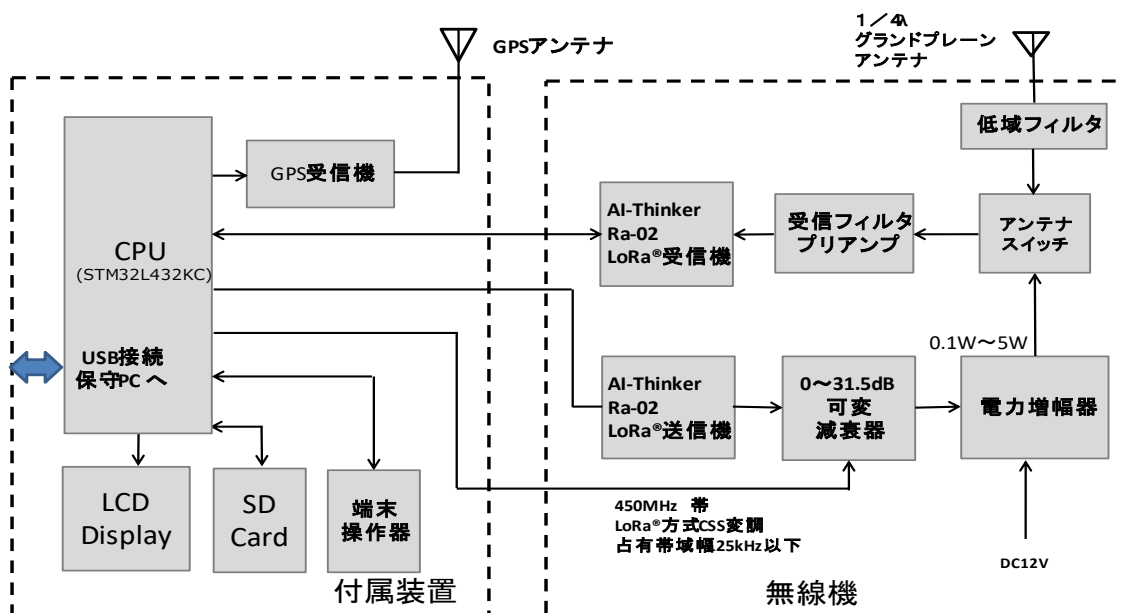
基地局の送信電力は、5W 固定。 但しソフトウェアで制御可能。

移動局の送信電力は 0.1W~5W で 0.1W、1W、5W の合計 3 段階で運用が可能であり、プログラムで制御する。

基地・実験試験局 無線設備系統図



移動・実験試験局 無線設備系統図



3.2.2 基地局無線機と基地局サーバPCの機能

- (1) 両者は基地局無線機のUSBポートにより仮想シリアル通信により接続される。
- (2) 基地局サーバは基地局無線機が受信した移動局からの情報を受け取って、蓄える。
- (3) 移動局が送信してくる情報の種類はID、位置情報、移動方向、移動速度、報告時刻、移動体作業情報等であり、各システム共通である。
- (4) 基地局サーバPCは基地局無線機が行う無線通信の全てをモニタし、記録する。
- (5) 基地局サーバPCでは、受信した移動局の情報により、全ての移動局の所在と状態を画面に表示し、システム全体の移動局の状況が把握できる。移動局の把握は地図上にアイコン表示すること、あるいは表にまとめた移動局リストとして表示ができる。
- (6) 基地局サーバPCは三種類のシステムの指令台PC(システム1~3)の接続を管理する。それぞれのシステムに含まれる移動局の情報を提供する。
- (7) 三種類のシステムの指令台PCによって要求される司令要求(移動体への指令)を受け、当該システムに属する、指定される移動体への指令送信を基地局無線機に指示することができる。

3.2.3 システムの種類

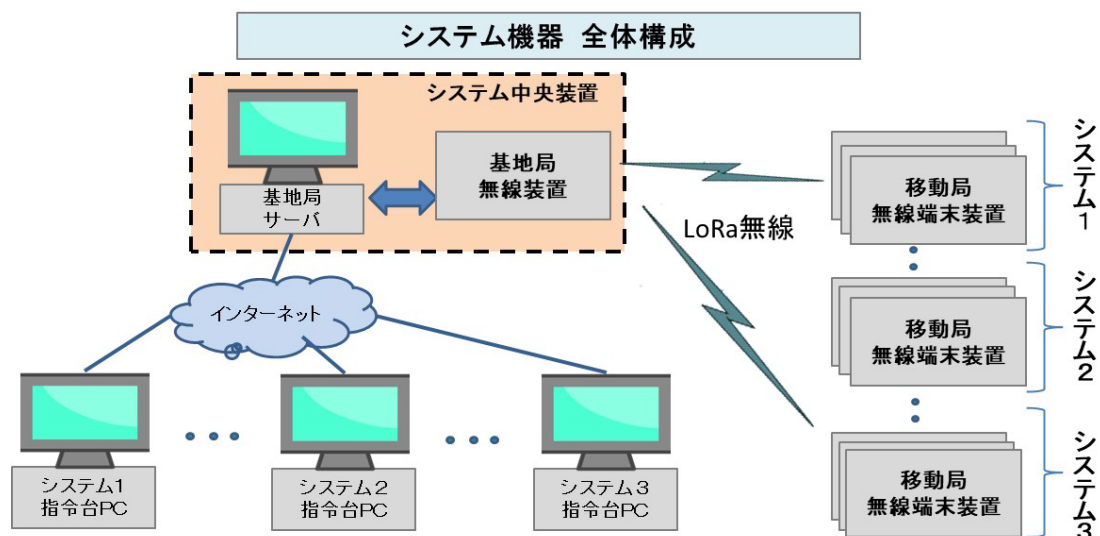
統合するシステムの性格付けは、以下の三種類とした。

- | | | |
|----------------------------------|-------|--------------|
| ① ミニバス(コミュニティバス)ロケーションシステム(タイプ1) | 移動体台数 | 8台 |
| ② オンデマンドタクシー配車システム(タイプ2) | 移動体台数 | 3~5台 |
| ③ ごみ収集車モニターシステム(タイプ3) | 移動体台数 | 2~4台 (合計15台) |

実験システムとして、稼働開始時に各移動無線機宛にシステム分類とIDが設定できる、柔軟な構成が実現できるものとする。今回の技術試験は、以下の移動局配置で行った。

- | | | |
|----------------------------------|-------|------------|
| ① ミニバス(コミュニティバス)ロケーションシステム(タイプ1) | 移動体台数 | 8台 |
| ② オンデマンドタクシー配車システム(タイプ2) | 移動体台数 | 4台 |
| ③ ごみ収集車モニターシステム(タイプ3) | 移動体台数 | 2台 |
| ④ 共通予備機(3つのタイプへの対応可能) | 移動体台数 | 1台 (合計15台) |

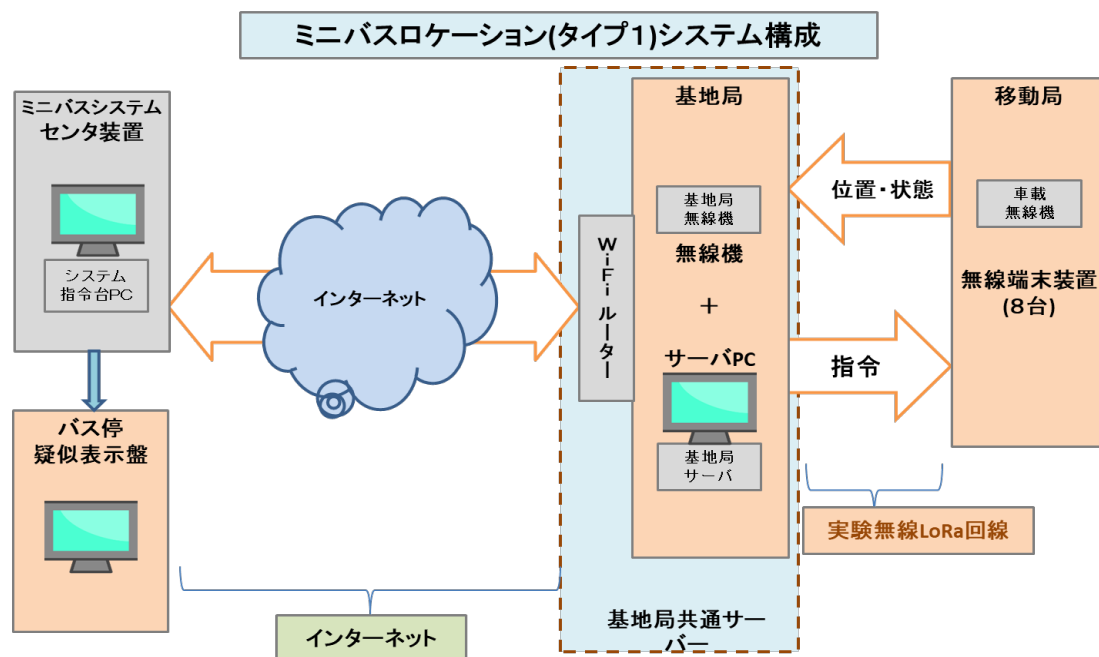
なお、システム(アプリケーション)相互間の移動体情報の共有は禁止とし、システム相互に指令台PCのお互いの情報も共有できないものとする。相互に独立のシステムという状況を確保することとする。



3.2.4 各システム（システム1～3）の機能

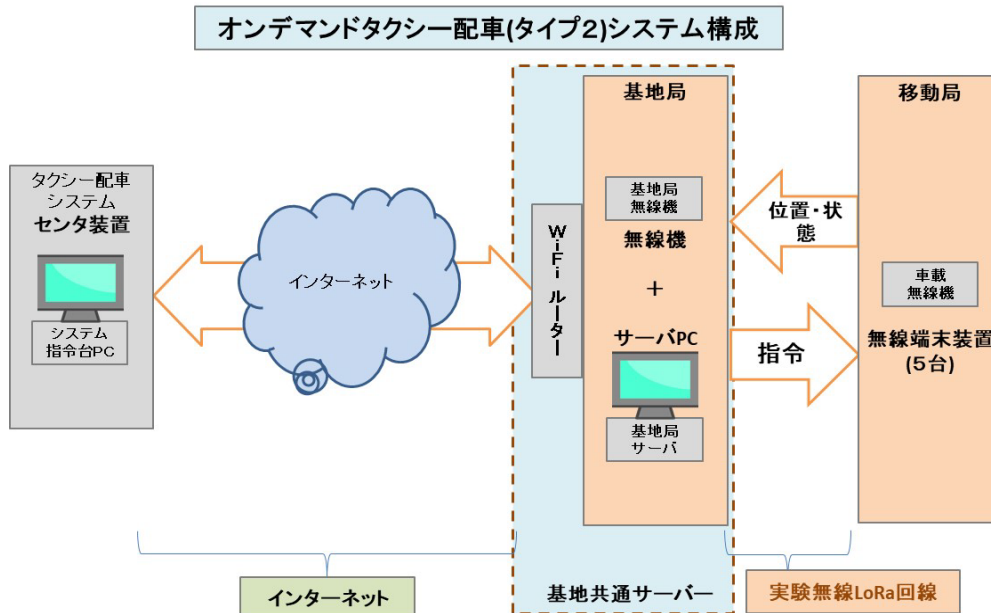
(1) ミニバスロケーションシステム(タイプ1)

- ① 当該システムの属するミニバス8台の状況を、基地局サーバ PC にアクセスすることにより取得する。移動体は3秒毎に状態を送信する。
- ② このシステムにはバス停通過センサーがないので、路線ごとに始発から順に付与したバス停番号によってバス停名を特定する。バス停通過時にバス同乗オペレータが、バス停番号を合わせて無線機の押しボタンを押し、システムは通過バス停番号、バス停通過時刻を記録共有する。
- ③ 8台のバスの位置、状況を画面表示する。8台全てをリストにして表示する。
- ④ 緊急連絡要請指令(10種類)をキーボード操作により発することができる。
(例えば F1～F10 キー) 定型メッセージを移動無線機側で文字表示する。
- ⑤ 移動体側の操作により送られる情報(コード)をメッセージに翻訳して画面上に表示する。
情報コード : 待機、バス停通過、終着
- ⑥ 各バス路線の運行状態を一覧で表示することが可能である。
現在位置、通過バス停、対象バス停、遅延状況などを表示する。



(2) オンデマンドタクシー配車システム(タイプ2)

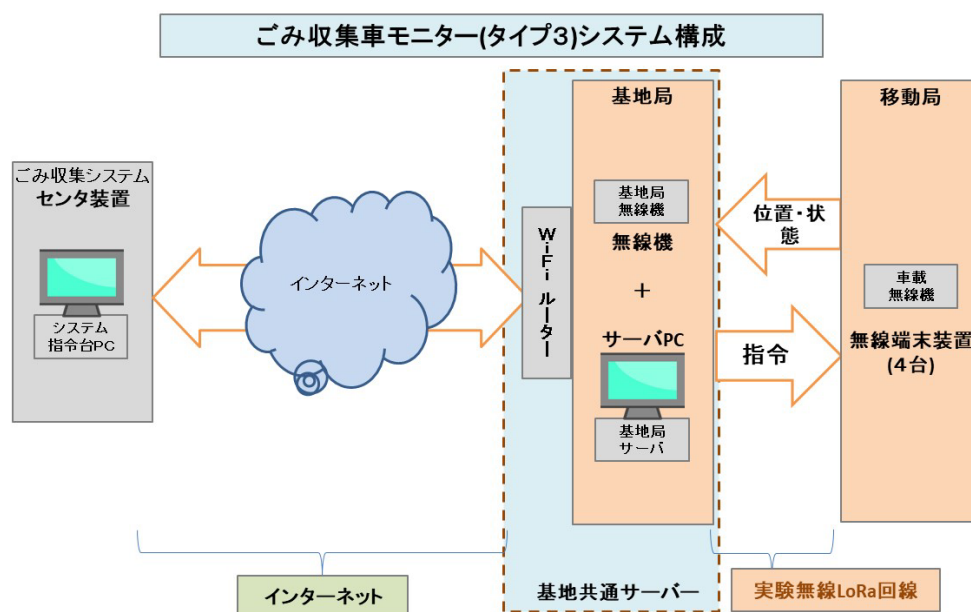
- ① 当該システムに属するすべてのタクシー(最大5台)の状況を、基地局サーバ PC にアクセスすることにより取得する。移動体は3秒毎に状態を送信している。
- ② 位置、速度、方向、時刻、空車/実車などの情報を画面の地図上にアイコンで表示又は稼働状況リストに表示する。
- ③ 配車指令(配車場所)と宛先車両をキーボード操作により発することができる。配車先はあらかじめ決定した5ヶ所程度のプルダウンメニューから選定して指令する。
- ④ 配車指令の発呼後の結果(配車了解など)を基地局サーバ PC から受け取り表示する。
- ⑤ 移動体側の操作により送られる情報(コード)をメッセージに翻訳して画面上に表示する。
移動体の LCD にも現在の状態を表示する。
情報コード : 空車、配車、迎車、実車、支払い、休憩、入庫



(3) ごみ収集車モニターシステム(タイプ3)

- ① 当該システムに属する収集車(最大4台)の状況を、基地局サーバPCにアクセスすることにより取得する。移動体は3秒毎に状態を送信している。
- ② 位置、速度、方向、時刻、状態情報などの情報を画面に地図上にアイコンで表示する。
- ③ 作業指令(ショートメッセージ:カナ20文字程度)と宛先車両をキーボード操作により発することができる。作業指令の発呼後の結果を基地局サーバPCから受け取り表示する。
- ④ 移動体の無線機を操作せずに、地図上の移動軌跡のみで作業の進捗を把握する。通過位置近傍のゴミ集積所の色を変えて表示する。
- ⑤ 移動体側の操作により送られる情報(コード)をメッセージに翻訳して画面上に表示する。

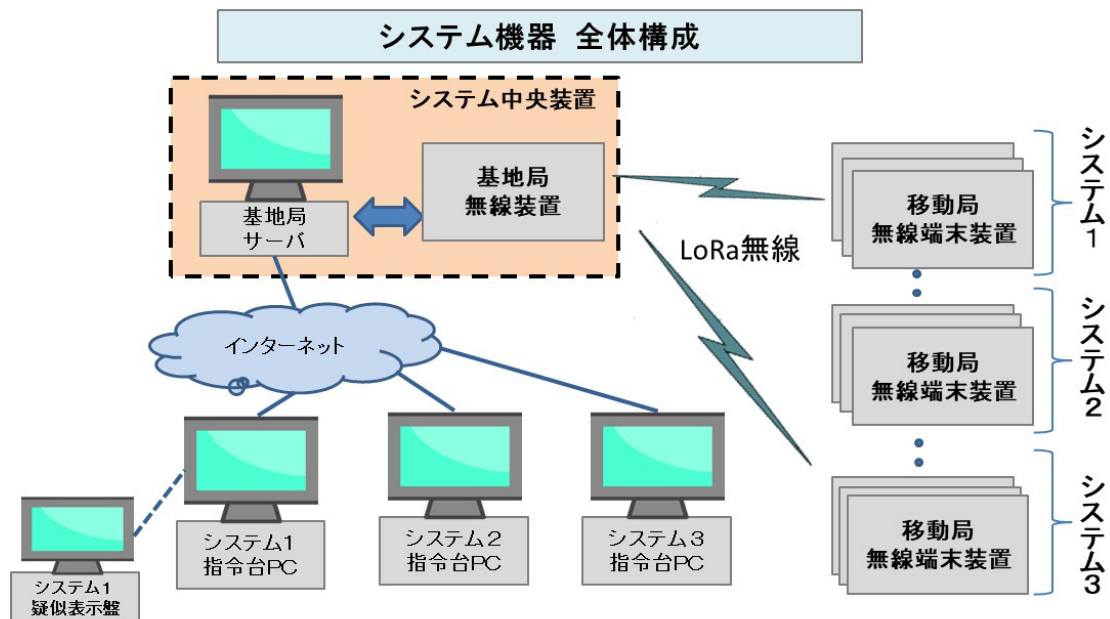
情報コード : 出庫、収集中、待機、処理センター、センター前待機、荷下ろし



3. 3 システム構成方法の検討

全体を制御する基地局サーバはタワーの上に置き、ポータブル WiFi ルータで繋げる。 IP アドレスの付与方法により外部からのアクセスが可能であれば、インターネットを介しても各システム指令台からのアクセスが可能である。 各システムの指令台も同様に定位置が定まっていないので、これもポータブル WiFi ルータで繋がっている。

基地局サーバへのアクセスは、本システムの指令台 PC からの接続だけを許すよう、制御されていること。



3. 4. 無線通信の前提条件

これまでの実験と全く同じ方式、設定で、LoRa@変調方式を使用するので、トラフィック密度の制約もあり以下の通信条件とする。

また今回の技術試験の特殊な条件でシステムを構成し、汎用的な条件や、拡張性などは勘案しない。原則的に、令和2年度の実験に似た無線通信とし、微調整を行う。

| | |
|--------------------|--|
| ①アクセス方式 | 移動体固定タイムスロット 衝突無し、基地局時計で動作 今回は 15 台に固定スロットを与える。移動局の発報での衝突は無し。 |
| ②上りメッセージ間隔 | 時間一定 3 秒毎 |
| ③メッセージフォーマット | 上り固定フォーマット 下りは固定長(常時 2 回送信) |
| ④メッセージ Ack/Nack 制御 | 部分的にある。 LoRa@無線プロトコルの詳細は、3.9 項にて別途記述する。 |

3. 5 各システムにおける基地局・指令台機能

システムの基本情報は、移動体が送信する位置、時刻、イベント、速度、方角などである。

イベントとは、システム毎に異なる、無線機操作に伴う意味づけされた状態を言う。例えば、バス停通過、空車から実車に変化など。

それとは別に、各システムの基本情報をシステム個別情報として、あらかじめ保有する。

例えばバスの時刻表と、バス停の位置、その走行順序、ごみ収集所の位置と回る順番、タクシー乗り場の位置など事前に設定されたシステム情報である。

3.5.1 基地局コンソール

基地局から移動局に対して「システム種別の登録」を行う。

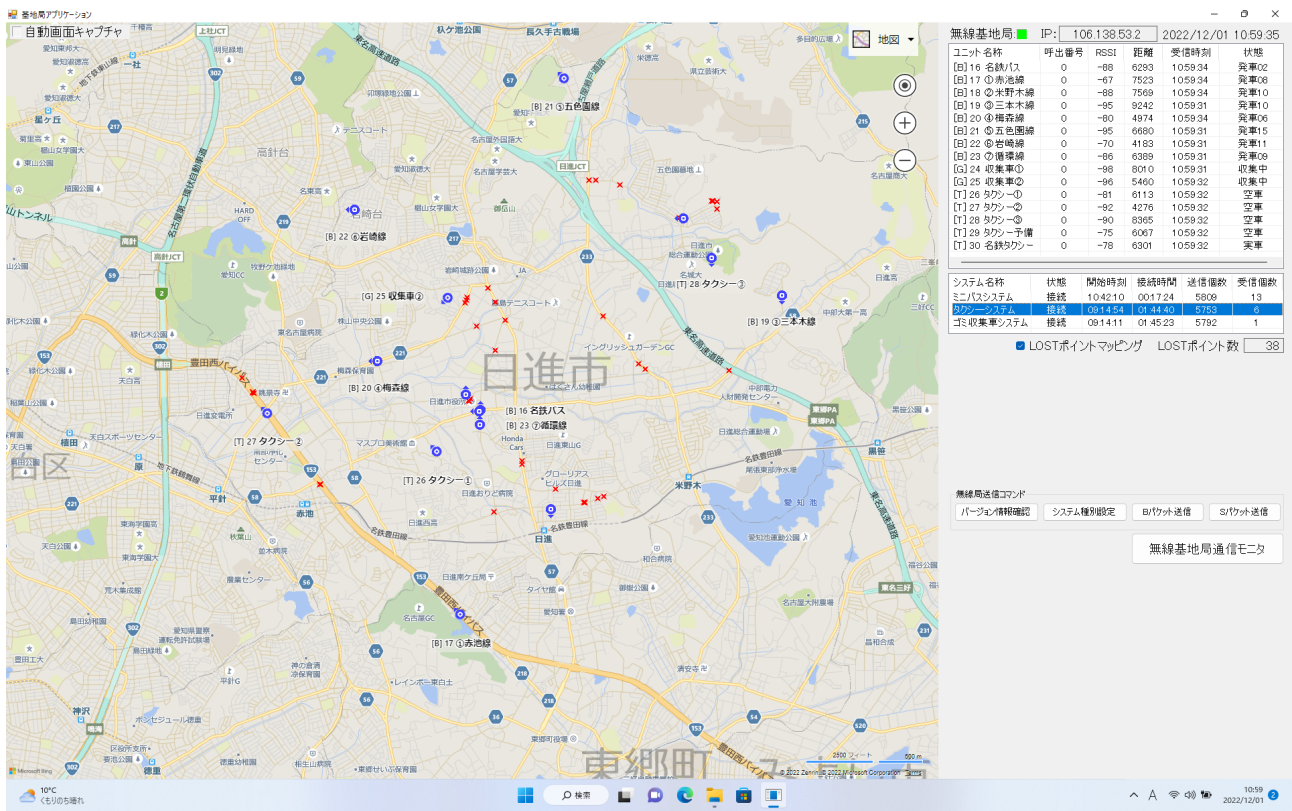
移動局は、基地局からのコマンドによってシステム種別を変更できる。下図がその設定画面。

| 移動局 | システム種別 | 値 |
|-------|----------------|----|
| 移動局16 | 01:バス路線1(赤池線) | 0 |
| 移動局17 | 02:バス路線2(米野木線) | 1 |
| 移動局18 | 03:バス路線3(三本木線) | 2 |
| 移動局19 | 04:バス路線4(梅森線) | 3 |
| 移動局20 | 05:バス路線5(五色園線) | 4 |
| 移動局21 | 06:バス路線6(岩崎線) | 5 |
| 移動局22 | 07:バス路線7(循環線) | 6 |
| 移動局23 | 07:バス路線7(循環線) | 7 |
| 移動局24 | 14:タクシー | 8 |
| 移動局25 | 14:タクシー | 9 |
| 移動局26 | 14:タクシー | 10 |
| 移動局27 | 14:タクシー | 11 |
| 移動局28 | 15:ごみ収集車 | 12 |
| 移動局29 | 15:ごみ収集車 | 13 |
| 移動局30 | 15:ごみ収集車 | 14 |

各移動局に対し個別/一斉にメッセージを送信できる。下図はその送信画面。

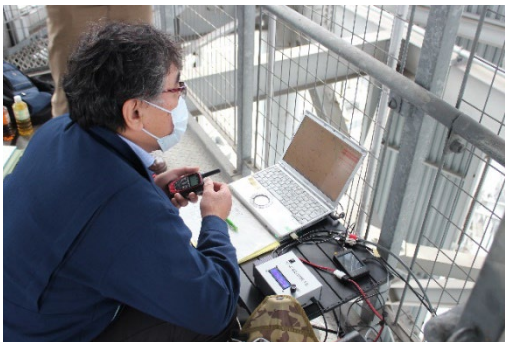
| | |
|---------|-----|
| システム種別 | BUS |
| 移動局 | 16 |
| メッセージ種別 | 0 |
| メッセージ | |

基地局サーバでは全移動体の位置が表示でき、合わせて個別移動体の状態が表示できる。
 各システムの指令台共通機能として、地図上に移動体の位置と状態表示をほぼリアルタイムで表示ができる。
 地図上には移動体が識別できる番号のアイコン表示をする。
 10秒間Mパケットを受信しなかった場合(=3回)、地図に赤いバツ印を付ける。



すべての基地局の無線送受信情報はログファイルとして自動的に保存し、ファイル名は記録開始時刻とする。後に伝搬実験データと同様に通信状況の検討ができる。各システム指令台が接続中であるかどうかを表示する。
 移動局から最後にデータを受信した時刻を登録時刻とし、通信状態は最新 RSSI 数値を表示する。
 最新受信情報は最新の受信情報コード (00~FF) をわかりやすく「発車 02」「空車」などの具体的な形で表示する。
 このシステムの技術試験は朝9時から夕方5時までとするので、この範囲だけの情報管理とする。

< タワーに仮設した基地局とその送受信アンテナ3本 >



3.5.2 ミニバスシステム指令台機能

ミニバスシステムでは全体の運行状態が把握でき、特定の路線バス停での状態が把握できること。その一例としてバス停表示機能を設けて、状態把握情報から抽出したデータで簡易表示する。



移動体では本来はバス停通過を自動検出できるが、この実験では搭乗操作者が押しボタンを押すことで、バス停を発車又は通過したことを基地局に通知する。基地局は、その通知を時刻情報と共に指令台に通知する。

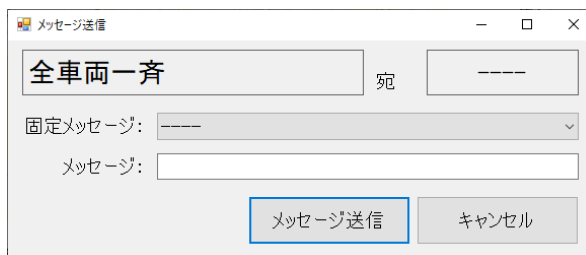
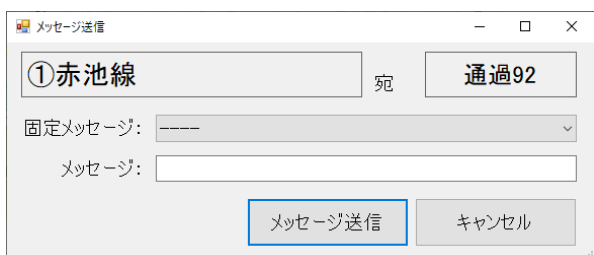
| ①赤池線 | ②米野木線 | ③三本木線 | ④梅森線 | ⑤五色園線 | ⑥岩崎線 | ⑦循環線 | 日進中央線 |
|---|---|---|---|---|---|---|--------------------|
| 11 緑ヶ島 14:47出発予定 | 11 日進駅 14:29出発予定 | 11 三本木区 東後編 14:26出発予定 | 11 雲立山 14:32出発予定 | 09 東馬場 通過済み | 11 砂中公園 14:21出発予定 | 11 緑ヶ島-市役所 14:40出発予定 | 11 流道 14:57出発予定 |
| 01 南池原 02 沼津 03 沼津下 04 沼津山 05 沼津山 06 沼津山 07 沼津山 08 沼津山 09 沼津山 10 沼津山 11 沼津山 12 沼津山 13 沼津山 14 沼津山 15 沼津山 16 沼津山 17 沼津山 18 沼津山 19 沼津山 20 沼津山 21 沼津山 22 沼津山 23 沼津山 24 沼津山 25 沼津山 26 沼津山 27 沼津山 28 沼津山 29 沼津山 30 沼津山 31 沼津山 | 01 南池原 02 沼津 03 沼津下 04 沼津山 05 沼津山 06 沼津山 07 沼津山 08 沼津山 09 沼津山 10 沼津山 11 沼津山 12 沼津山 13 沼津山 14 沼津山 15 沼津山 16 沼津山 17 沼津山 18 沼津山 19 沼津山 20 沼津山 21 沼津山 22 沼津山 23 沼津山 24 沼津山 25 沼津山 26 沼津山 27 沼津山 28 沼津山 29 沼津山 30 沼津山 31 沼津山 | 01 南池原 02 沼津 03 沼津下 04 沼津山 05 沼津山 06 沼津山 07 沼津山 08 沼津山 09 沼津山 10 沼津山 11 沼津山 12 沼津山 13 沼津山 14 沼津山 15 沼津山 16 沼津山 17 沼津山 18 沼津山 19 沼津山 20 沼津山 21 沼津山 22 沼津山 23 沼津山 24 沼津山 25 沼津山 26 沼津山 27 沼津山 28 沼津山 29 沼津山 30 沼津山 31 沼津山 | 01 南池原 02 沼津 03 沼津下 04 沼津山 05 沼津山 06 沼津山 07 沼津山 08 沼津山 09 沼津山 10 沼津山 11 沼津山 12 沼津山 13 沼津山 14 沼津山 15 沼津山 16 沼津山 17 沼津山 18 沼津山 19 沼津山 20 沼津山 21 沼津山 22 沼津山 23 沼津山 24 沼津山 25 沼津山 26 沼津山 27 沼津山 28 沼津山 29 沼津山 30 沼津山 31 沼津山 | 01 南池原 02 沼津 03 沼津下 04 沼津山 05 沼津山 06 沼津山 07 沼津山 08 沼津山 09 沼津山 10 沼津山 11 沼津山 12 沼津山 13 沼津山 14 沼津山 15 沼津山 16 沼津山 17 沼津山 18 沼津山 19 沼津山 20 沼津山 21 沼津山 22 沼津山 23 沼津山 24 沼津山 25 沼津山 26 沼津山 27 沼津山 28 沼津山 29 沼津山 30 沼津山 31 沼津山 | 01 南池原 02 沼津 03 沼津下 04 沼津山 05 沼津山 06 沼津山 07 沼津山 08 沼津山 09 沼津山 10 沼津山 11 沼津山 12 沼津山 13 沼津山 14 沼津山 15 沼津山 16 沼津山 17 沼津山 18 沼津山 19 沼津山 20 沼津山 21 沼津山 22 沼津山 23 沼津山 24 沼津山 25 沼津山 26 沼津山 27 沼津山 28 沼津山 29 沼津山 30 沼津山 31 沼津山 | 01 南池原 02 沼津 03 沼津下 04 沼津山 05 沼津山 06 沼津山 07 沼津山 08 沼津山 09 沼津山 10 沼津山 11 沼津山 12 沼津山 13 沼津山 14 沼津山 15 沼津山 16 沼津山 17 沼津山 18 沼津山 19 沼津山 20 沼津山 21 沼津山 22 沼津山 23 沼津山 24 沼津山 25 沼津山 26 沼津山 27 沼津山 28 沼津山 29 沼津山 30 沼津山 31 沼津山 | |

路線情報、始発時刻、現在地(どことどのバス停の間か)、最新通過バス停通過時刻及びその予定時刻との差(遅早)、その遅早に基づいて次のバス停の予定時刻など。

画面イメージの表によって整理されたデータは、その一部を切り出す形で、すべてのバス停での表示盤のシミュレートができる。(地図の右側) 地図へのバス位置表示があり、バス停も合わせて表示することが必要である。

指令台からバス宛に固定/任意メッセージを送信することができる。宛先は個別のバス宛か、バス全車一斉が選択できる。バス名を左クリックすると、指定したバスにメッセージ（固定、任意入力）を送信できる。

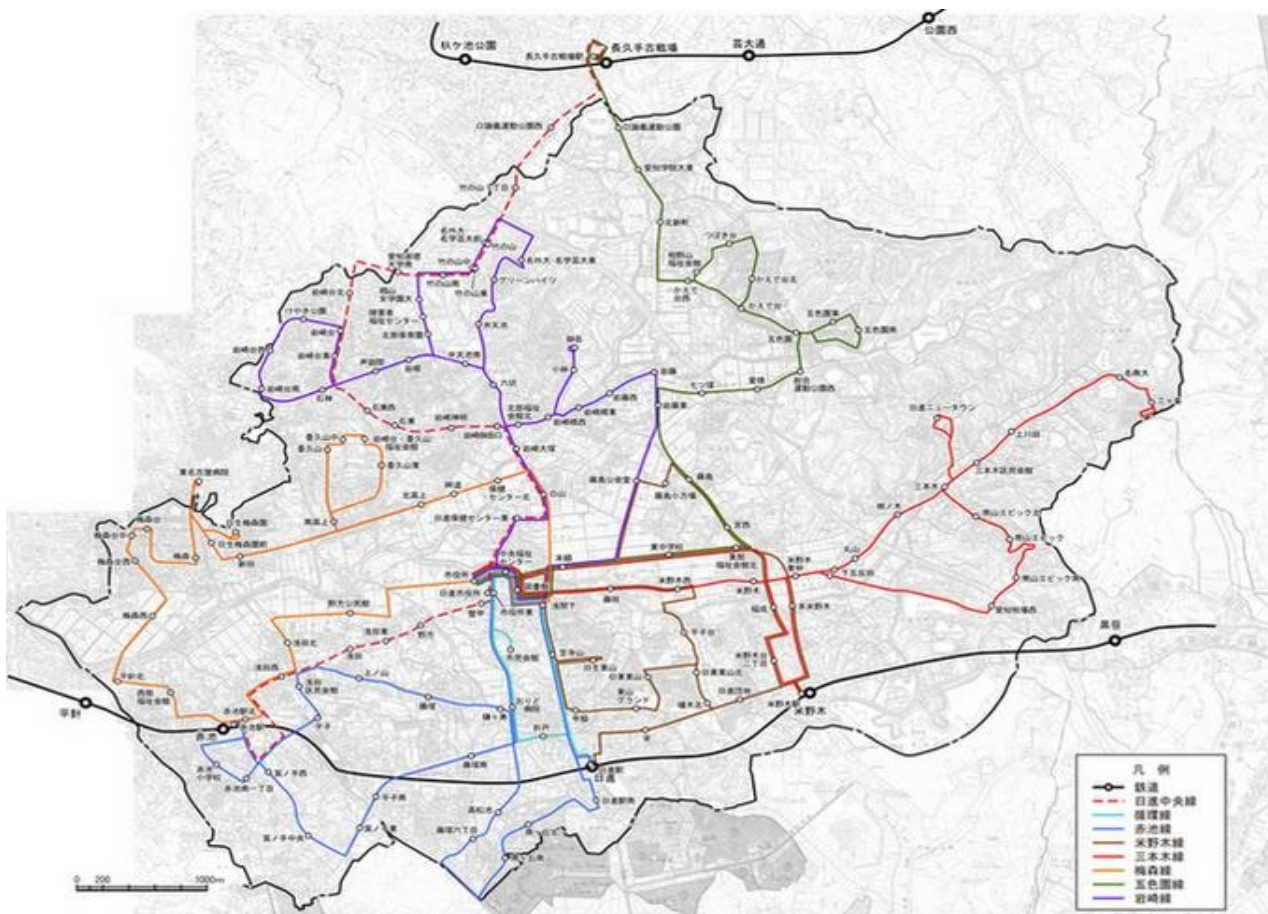
全車両一斉送信ボタンをクリックすると、全てのバスに一斉にメッセージ（固定、任意入力）を送信できる。



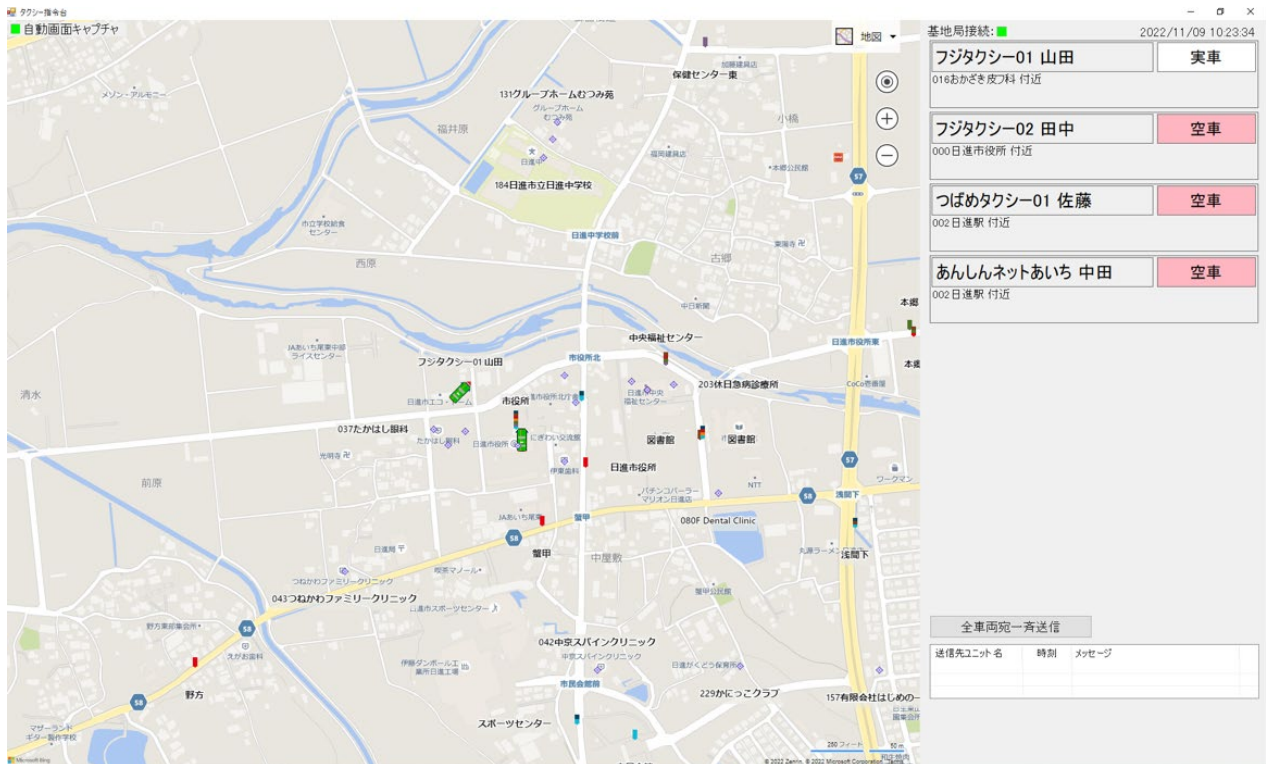
本ミニバスシステムの既定情報については、日進市のホームページのくるりんバス情報から、バス停の名前、経度緯度、路線名、時刻表などを取得して、共有すること。時刻表改訂が年初に予定されているとのことであるので、保守性に配慮が必要である。

なお、本システム実験を行う時刻表は、下図に示す日進市内の路線バスの平日昼間運行ダイヤと市内乗入名鉄バス路線（日進中央線）については実際の路線とは異なる試験用ダイヤで、借上げ車両による走行試験とする。

図 日進市内のバス路線図



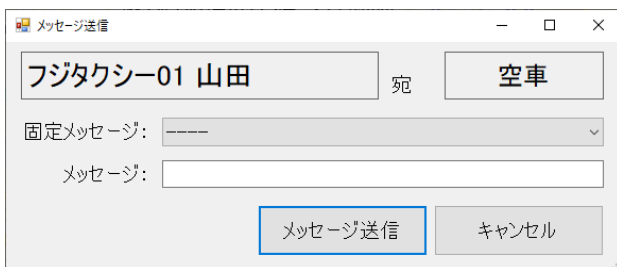
3.5.3 タクシー配車システム



日進市内のランドマークを乗り場として登録する。原則として流しでの運用はしないが、乗り場から乗り場への移動、実車終了後の移動中でも配車指令は可能である。

配車(迎車)指令は固定メッセージでの事前登録配車先、あるいは極まれな操作としてキーボードからのショートメッセージ文字入力での任意配車を行う。

タクシー名を左クリックすると、指定したタクシーにメッセージ(固定、任意入力)を送信できる。



車両を選択して、迎車配車先を指定、の操作で数台のタクシーを運用する。

地図上に配車先、ランドマークなどをアイコン常時表示する。

システムオペレータは目的としている車番の現在位置から配車先を選定し指定する。

指令台オペレータが何もしなければ、車両は一日中、空車待機となるか、移動体で行う操作により状態が変わる。

車両オペレータは配車指令に了解ボタンを押し、迎車位置到着でボタンを押す。

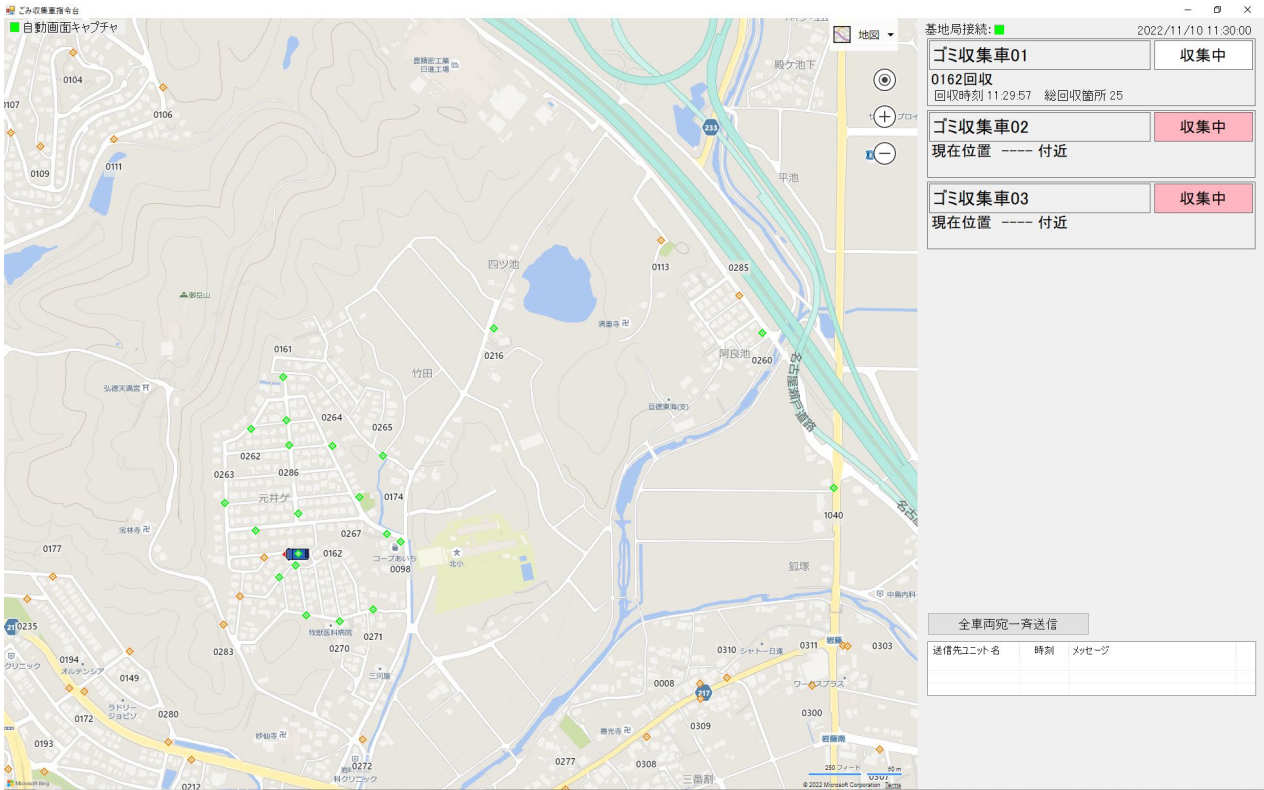
目的地到着、支払い完了でそれぞれボタンを押し、表示が変わることを確認する。

もし表示とステータスが一致していなければ、操作スイッチで修正する。

移動からの緊急発報も事前設定によりできる。

これにより車のステータスは、原則として待機又は空車→迎車→実車→支払い→空車の順で変化する。

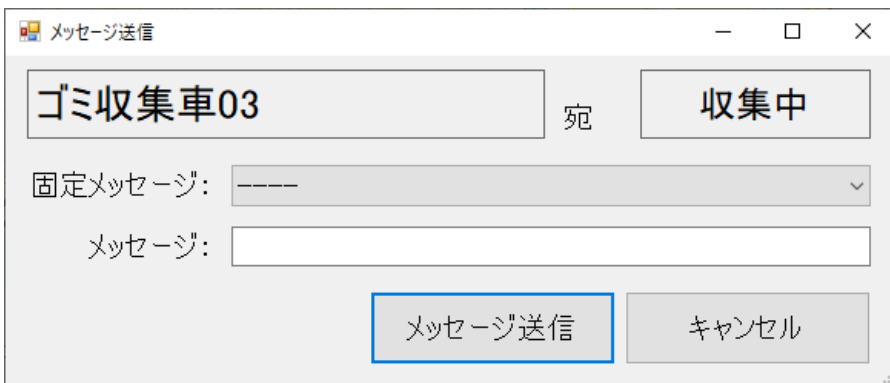
3.5.4 ゴミ収集車システム



ゴミ収集車は事前に決められた地域の収集場所を順次回って、ゴミ処理場で荷下ろしをして車庫に戻る。ゴミ集積所(収集場所)を通過したかどうかの把握が必要だが、収集場所の多さ、制御の難しさから、トラッキング表示システムとして動作させる。なおゴミ収集所の通過管理は行わず、ゴミ集積所から 10m に接近するとその集積所マークの色を緑色に変える。

全ゴミ集積所のマップの中を収集車が移動する状況を把握する。

ごみ収集車名を左クリックすると、指定したごみ収集車にメッセージ（固定、任意入力）を送信できる。



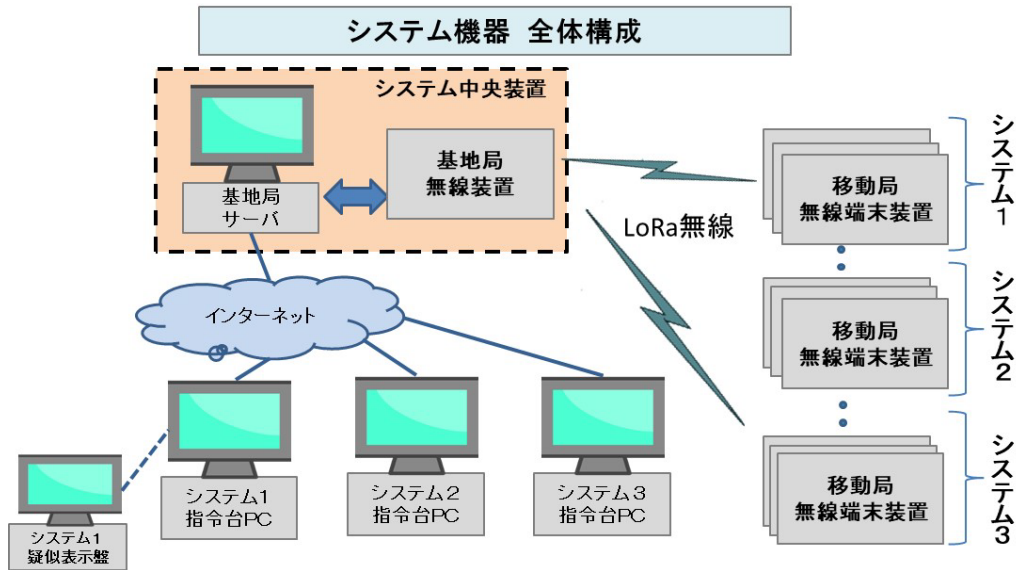
<仮設営された指令台と
パッカー車への ANT 取付>



3. 6 無線機ソフトウェア

3.6.1 無線システムの全体像

図は技術試験用 IoT 無線システムの全体構成概要である。



3.6.2 技術試験用無線機的设计諸元

| 項目 | 区分 | 諸元値 | 備考 |
|---------------|------------|--------------------------|-----------------|
| 周波数 [MHz] | 上り (移動局送信) | 458.55MHz | 二周波単信 |
| | 下り (基地局送信) | 450.55MHz | 連続送信可能(FD) |
| 占有周波数帯幅 [kHz] | | 125kHz 以下 | |
| 電波型式 | | 125K G1D | LoRa@変調チャープ CSS |
| 周波数拡散定数 | | SF 7 (128chip/symbol) | |
| 実効伝送速度 | | 5.47kbps | |
| 誤り訂正符号化率 | | 4/5 (オーバーヘッド 1.25) | |
| パケットペイロード | 移動送信 | 3 2 byte 固定 | |
| | 基地局送信 | 可変(100byte 以内) | |
| 出力 [W] | 移動局 | 5W(0.1, 1, 5) | 低減可能(プログラム制御) |
| | 基地局 | 5W | 低減可能 |
| 周波数偏差 | | 3ppm 以内 | (1.38kHz 以内) |
| スプリアス強度 | | 2.5μW 以下 | |
| 通達距離 [km] | | 30km 以上目標 | |
| 受信感度 [dBm] | (基地局) | -125dBm/1%PER 目標 | モジュールカタログ値 |
| | (移動局) | -125dBm/1%PER 目標 | 同上 |
| 使用空中線 | (基地局) | (送信) 無指向性 (受信) 無指向性 | 受信塔頂増幅器使用 |
| | (移動局) | (送受信) 無指向性 | 送受切換使用 |

3. 7 ソフトウェアの種類

3.7.1 移動局システム動作ソフトウェア

- (1) 3種類のシステムに対応したソフトウェアであるが、動作上は操作を伴う送信情報の変化であり、それに関連した情報表示の違いである。
- (2) 送信情報の時間間隔は定時発報として3秒間隔とする。
- (3) 共通一本化が可能であり、パラメータテーブルで動作設定の変更を可能とする。

3.7.2 基地局システム動作ソフトウェア

- (1) 基地局サーバPCと接続して移動局との情報送受信を行う。
- (2) 無線通信プロトコルの一切を制御する。
- (3) 移動体は15台であり、3システムに振り分けられる。
- (4) 移動体との通信情報は、エラー受信を除き、すべて基地局サーバPCに転送し、システム制御を委ねる。

3.8 無線機のハードウェア構成

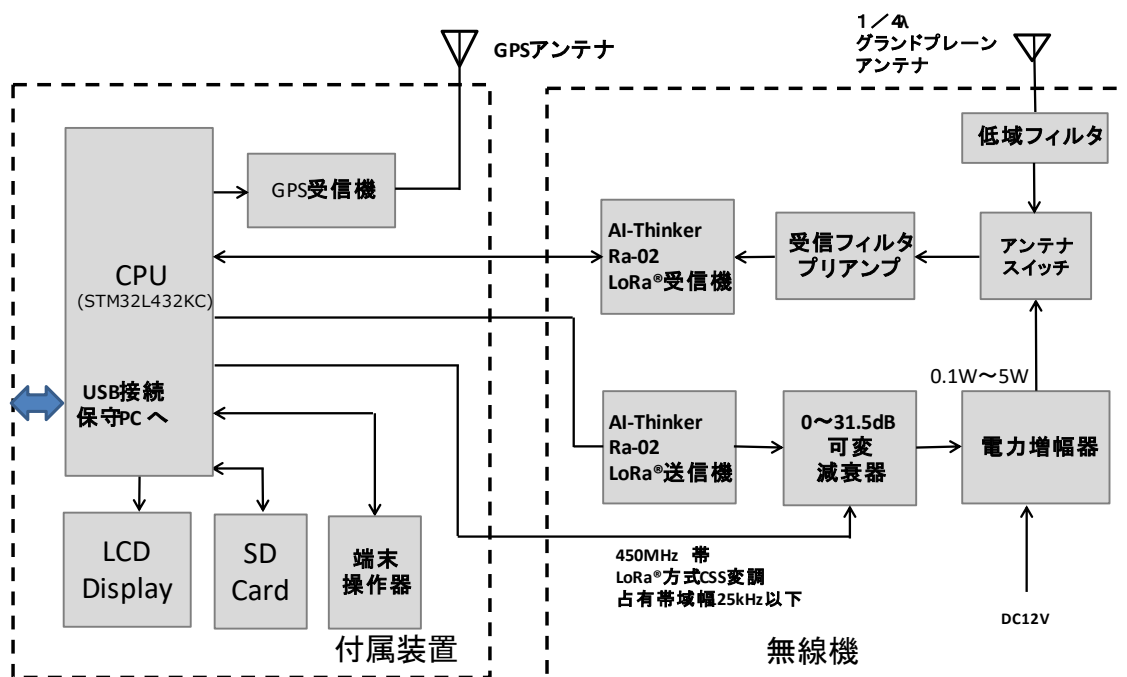
これまでの実用化検討の無線機と基本構成は変化していない。変更されたのは操作スイッチとしてのロータリーエンコーダ、ブザーの追加、送信電力制御の減衰器のICをシリアルデータ制御としたこと程度である。なお、送信電力は基地、移動共に5Wに統一した。

3.8.1 移動局無線機

実用化の検討を行ったこれまでの無線機からのハードウェアの変更点はわずかである。

- (1) ロータリーエンコーダは無限回転式で、接点信号の位相を見て回転方向を判定する。スイッチの部を回転させるとメカニカルなクリック感があるが、それと動作が一致する必要はない。公開されているソフトウェアライブラリも多い。ノブを押し込むと独立のモーメンタリのスイッチとして動作する。ノブを回して表示を変えて、押しで確定というような使い道ができる。無線機の操作部はこれだけである。

移動・実験試験局 無線設備系統図



(2) 送信電力と減衰器

送信減衰器は新たに採用した。 PE4302 という IC であり、並列制御と、パラレル制御が可能だが、シリアルで使用する。無線の LoRa®モジュールとバスを共用する。

送信電力設定は LoRa®モジュールの出力設定とこの減衰器の組合せで設定できる。

LoRa®モジュールは、1dB ステップであり、PE4302 は 0.5dB ステップで最大減衰 31.5dB である。

最小減衰量はばらつきがあり、1dB 前後とみられる。0dB に設定しても残る値=挿入損失となる。

無線機としては 5W を基準として、1W、0.1W の設定ができる必要がある。それとは別に個別ハードウェアの特性ばらつきを補正する必要がある。

ハードの試験で 5W に合わせる操作をし、その値を記憶 (EEPROM) させ、そこから動作時に -7 dB (1W)、-17dB (0.1W) に制御することをプログラムにより可能とする。

LoRa®モジュールの出力は 5~18dBm なので、標準を 15dBm と設定する。

検討の結果、プロトコルも簡易でパケット衝突も無く、遠近制御を必要としないので、5W 固定で運用する。基地局はハードとしては制御が可能であるが、初期値の合わせ込みだけに使用し、運用中の変更はしない。

(3) LCD 表示

16 字 2 行の LCD 表示は従来の英、数字に加えてカタカナ表示を行う。表示内容はシステム毎に変わるが、多くはコード情報をカナ表示に変換する形になる。

指令台からのメッセージをそのままカタカナ表示する可能性もある。

(4) ブザー

初期リセット時、あるいはメッセージ伝送時など移動局オペレータの注意喚起のためにブザーを鳴動させる。

3.8.2 基地局無線機

第 1 回技術試験 (7/27-28, 8/23 実施) の結果、ダイバーシティ方式は採用せず、受信モジュールを 1 つにした標準的構成とした。

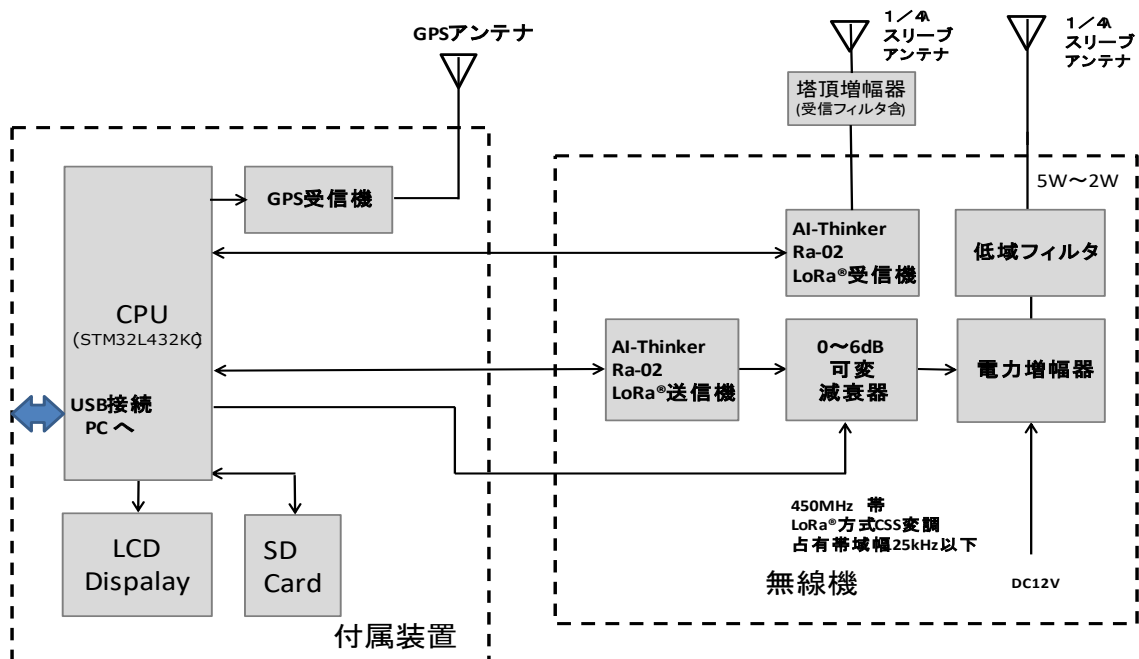
(1) アンテナスイッチは無いが、送受切換としての制御ではなく送信回路の ON/OFF 制御は必要である。(低消費電力化, 発熱防止) 但し、送信中も受信は機能することができる。

(送信オフで PA のバイアスオフになり電源電流を切ることが可能)

(2) ブザー

初期リセット時、あるいはメッセージ伝送時など移動局オペレータの注意喚起のためにブザーを鳴動させる。

基地・実験試験局 無線設備系統図



3. 9 無線通信プロトコル

無線通信プロトコルは、これまでの基幹機能試験の通信制御方式を簡素化して踏襲する。

3.9.1 基本制御

GPS に同期して無線機全てを同期させる。

このタイミング制御に基づいたタイムスロットに各移動体の送信時間を割り当てる。

移動局無線機の総数は本実験では 15 台なので、移動局の送信動作は他局との衝突は起きない。

移動局の送信パケット長は固定で、ペイロード 32 バイト一定とする。

(1) タイムスロット

下図のとおり 30 スロット(3 秒=ワゴン)を基本にくり返し制御する。1 スロットは 100ms である。

基準タイミングは基地局の GPS 出力に同期して、基地局から送出される T パケットがシステムの基準になる。

本来はタイムスロットに複数の移動体が割り振られて、上りの送信の衝突もあり得るが、今回はその検証が目的ではないので、1 移動局/1 スロットとして簡素化する。

| スロット (100ms) | 基地局→移動局 | 移動局→基地局 |
|-----------------|---------|---------|
| 1 | T1 | |
| 2 | | |
| 3 | T2 | |
| 4 | | |
| 5 | B1/S1 | |
| 6 | | |
| 7 | | |
| 8 | B2/S2 | |
| 9 | | |
| 10 | | |
| 11 | | M1 |
| 12 | | M2 |
| 13 | | M3 |
| 14 | | M4 |
| 15 | | M5 |
| 16 | | M6 |
| 17 | | M7 |
| 18 | | M8 |
| 19 | | M9 |
| 20 | | M10 |
| 21 | | M11 |
| 22 | | M12 |
| 23 | | M13 |
| 24 | | M14 |
| 25 | | M15 |
| 26 | | |
| 27 | | |
| 28 | | |
| 29 | | |
| 30 | | |

(2) 上り情報

移動体の位置や動作状況を通知する M パケットに B パケットの応答も含んで送信する。

なお図中の M1~M15 は移動局 I DM16~ M30 に対応する。

(3) 下り情報

システム同期の基準になるスロット最初の T パケットはシステムタイミングの基準となる。
さらに、情報(メッセージ)通知の B1 パケット、及び一斉通報の S1 パケットであり、それぞれ間を空けて 2 回送信する。2 回の送信のどちらかが受信出来れば成功とする。

(4) T パケット (時刻基準)

| フィールド名 | 内容 (バイナリ形式) | ビット長 | バイト数 |
|---------------|--|------|------|
| 送信局 ID | 基地局 : 2 | 16 | 2 |
| パケット種別 | T : 0、または T2 : 1 | 3 | 1 |
| ブロック番号 | 0~65535 | 16 | 2 |
| 時刻 | GPS データ、受信出来ない時は 0 | 32 | 4 |
| 移動局 16 システム種別 | 上位 4 ビット システム種別 ※1、下位 4 ビット (ID-16) 0 | 8 | 1 |
| 移動局 17 システム種別 | 上位 4 ビット システム種別 ※1、下位 4 ビット (ID-16) 1 | 8 | 1 |
| 移動局 18 システム種別 | 上位 4 ビット システム種別 ※1、下位 4 ビット (ID-16) 2 | 8 | 1 |
| 移動局 19 システム種別 | 上位 4 ビット システム種別 ※1、下位 4 ビット (ID-16) 3 | 8 | 1 |
| 移動局 20 システム種別 | 上位 4 ビット システム種別 ※1、下位 4 ビット (ID-16) 4 | 8 | 1 |
| 移動局 21 システム種別 | 上位 4 ビット システム種別 ※1、下位 4 ビット (ID-16) 5 | 8 | 1 |
| 移動局 22 システム種別 | 上位 4 ビット システム種別 ※1、下位 4 ビット (ID-16) 6 | 8 | 1 |
| 移動局 23 システム種別 | 上位 4 ビット システム種別 ※1、下位 4 ビット (ID-16) 7 | 8 | 1 |
| 移動局 24 システム種別 | 上位 4 ビット システム種別 ※1、下位 4 ビット (ID-16) 8 | 8 | 1 |
| 移動局 25 システム種別 | 上位 4 ビット システム種別 ※1、下位 4 ビット (ID-16) 9 | 8 | 1 |
| 移動局 26 システム種別 | 上位 4 ビット システム種別 ※1、下位 4 ビット (ID-16) 10 | 8 | 1 |
| 移動局 27 システム種別 | 上位 4 ビット システム種別 ※1、下位 4 ビット (ID-16) 11 | 8 | 1 |
| 移動局 28 システム種別 | 上位 4 ビット システム種別 ※1、下位 4 ビット (ID-16) 12 | 8 | 1 |
| 移動局 29 システム種別 | 上位 4 ビット システム種別 ※1、下位 4 ビット (ID-16) 13 | 8 | 1 |
| 移動局 30 システム種別 | 上位 4 ビット システム種別 ※1、下位 4 ビット (ID-16) 14 | 8 | 1 |
| CRC | バイナリ変換後に算出 | 16 | 2 |

26

(5) B1、B2 パケット (下り個別メッセージ)

| フィールド名 | 内容 (バイナリ形式) | ビット長 | バイト数 |
|---------|-----------------------------|------|------|
| 送信局 ID | 基地局 : 2 | 16 | 2 |
| パケット種別 | B1 : 2、または B2 : 4 | 3 | 1 |
| メッセージ番号 | 0~65535 | 16 | 2 |
| システム種別 | バス : 1、タクシー : 2、ゴミ : 3 | 16 | 2 |
| セレクト | 移動局個別 : 16~30 | 16 | 2 |
| メッセージ種別 | 0~0xFF システム種別ごとに定義 | 8 | 1 |
| メッセージ | メッセージ、可変長、最大 89 バイト、ANK コード | | 88 |
| CRC | バイナリ変換後に算出 | 16 | 2 |

100max

(6) S1 パケット (システム内一斉通知)

| フィールド名 | 内容 (バイナリ形式) | ビット長 | バイト数 |
|---------|-----------------------------|------|------|
| 送信局 ID | 基地局 : 2 | 16 | 2 |
| パケット種別 | S1 : 3、または S2 : 5 | 3 | 1 |
| メッセージ番号 | 0~65535 | 16 | 2 |
| システム種別 | バス : 1、タクシー : 2、ゴミ : 3 | 16 | 2 |
| メッセージ | メッセージ、可変長、最大 31 バイト、ANK コード | | 31 |
| CRC | バイナリ変換後に算出 | 16 | 2 |

40

(7) M パケット (車両情報通報)

| フィールド名 | 内容 (バイナリ形式) | ビット長 | バイト数 |
|------------|--|------|------|
| 送信局 ID | 移動局 : 16~30 | 16 | 2 |
| パケット種別 | M : 6 | 3 | 1 |
| シーケンス番号 | 0~65535 | 16 | 2 |
| 出力パワー | 5W : 0、1W : 2、0.1W : 3 | 2 | 1 |
| システム種別 | バス : 1、タクシー : 2、ゴミ : 3 | 16 | 2 |
| 移動体情報 | 0~0xFF | 8 | 1 |
| GPS 測位 | NG : 0、OK : 1 | 1 | 1 |
| GPS 方位 | 0 : なし、1 : 有り | 1 | |
| 時刻 | GPS データ、受信出来ない時は 0 | 32 | 4 |
| 緯度 | GPS データ、受信出来ない時は 0 | 32 | 4 |
| 経度 | GPS データ、受信出来ない時は 0 | 32 | 4 |
| 速度 | GPS データ、受信出来ない時は 0 | 16 | 2 |
| 方位 | N:0, NE:1, E:2, SE:3, S:4, SW:5, W:6, NW:7 | 3 | 1 |
| B1 受信 | なし : 0、NG : 1、OK : 2 | 2 | 1 |
| B2 受信 | なし : 0、NG : 1、OK : 2 | 2 | |
| B1 メッセージ番号 | 0~65535 | 16 | 2 |
| B2 メッセージ番号 | 0~65535 | 16 | 2 |
| CRC | バイナリ変換後に算出 | 16 | 2 |

32

(8) 誤り制御

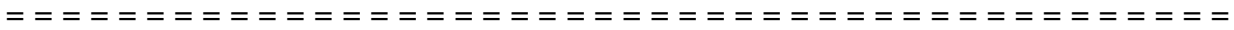
B1、S1 パケットは同一情報(シーケンス番号や時刻は異なる)を2回送信することでフェーディングの影響を低減する。B1 パケットへの応答はAck、Nack、無応答で確認する。

(9) 移動局 M パケット通報

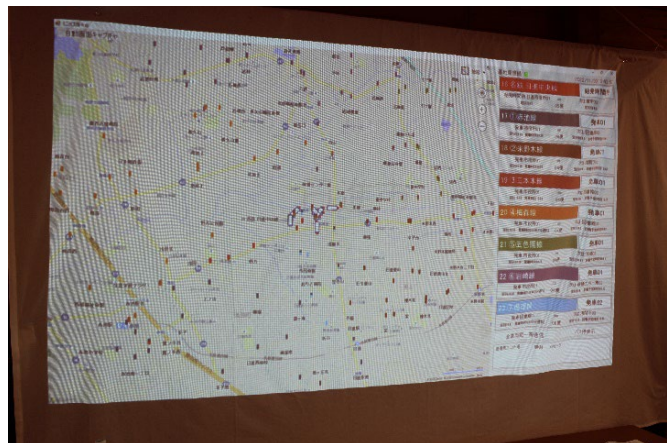
移動局は一定時間間隔で位置、状態などの情報を通報する。
原則として3秒間隔で発報をする。

<参考> 車速と移動距離、時間

| km/h | m/s | s/200m | s/100m |
|------|------|--------|--------|
| 10 | 2.8 | 71.4 | 35.7 |
| 20 | 5.6 | 35.7 | 17.9 |
| 30 | 8.3 | 24.1 | 12.1 |
| 40 | 11.1 | 18.0 | 9.0 |
| 50 | 13.9 | 14.4 | 7.2 |
| 60 | 16.7 | 12.0 | 6.0 |



<仮設指令台の様子>



<試験に出発するミニバス、運行管理画面表示(総合バス停表示画面) >

第4章 技術試験結果の報告

4. 1 技術試験の実施概要

第3章で述べた複数アプリシステムについて完成したシステムで実フィールドにおいて、15台の移動局を日進市内で走行させ技術試験を行った。本章では試験結果の報告を行う。

4. 1. 1 確認試験の経緯

- | | |
|-------------------------------|----------------|
| ① 基地局5W, 移動局2W無線機による通信エリア調査 | 7月27～28日、8月23日 |
| ② 製作無線機の基本性能確認 免許申請落成検査(登録点検) | 9月29日 |
| ③ システムでの無線通信試験及びシステム基本機能確認 | 10月31日 |
| 同上 | ソフトウェア修正確認 |
| ④ 日進市における移動通信及びソフトウェア機能試験 | 11月9日～10日 |
| ⑤ 日進市におけるシステム総合試験 | 11月30日～12月1日 |

4. 2 システム総合試験の実施内容

- | | |
|----------|--|
| (1) 実施期日 | 令和4年11月30日(水)及び12月1日(木) |
| (2) 実施場所 | 名古屋市東山タワー及び日進市周辺地域 |
| (3) 目的 | 地域自営IoT無線システムの社会実証に向けた通信技術試験を行い、地域共同無線の利便性及び周波数有効利用効果を実証するもの |
| (4) 試験内容 | 車両を使った3つのアプリケーションによる同時通信実証試験 |

| 車両等 | 試験アプリケーション | 11月29日(火) | 11月30日(水)リハーサル試験 | | 12月1日(木)実証試験 |
|------------|--|---|--|---------------------------------------|---|
| 基地局 指令台 | 基地局(東山タワーより)IP接続 日進市エコドーム展示室に 3指令台を設営 | ・基地局設営と 通信確認及び 受信状態調査 (愛知池南低部) | 基地局移動局間通信 設営のうえ搭載持込 | 基地局-移動局間 通信設定確認試験 (指令台-IP接続) | 基地局-移動局間 通信設定確認試験 (指令台-IP接続) |
| 路線バス | ○市内巡回バス7路線(便乗) ○日進中央線(試験ダイヤ) (市役所-赤池駅間往復) | マイクロバスに よる事前確認 (赤池駅往復) | 走行試験、3モードの アプリケーション検証 | バスモード走行試験 | 8つの路線バスモード、 パッカー車とレンタカー による2ゴミ収集モード、 及3タクシー試験配車の 3アプリケーションによる 同時通信技術試験の実 現を目指す。 |
| ごみ 収集車 | 北西地区等の収集作業モーター (可燃ゴミの収集作業管理) 実車(パッカー車)への搭載 | 同乗者等への 事前計画設営 と無線機説明 | レンタカーによるゴミ収 集モード事前走行検証 及びパッカー車への取付 | パッカー車1台による ゴミ収集モード追加 レンタカーと2台走行 | |
| タクシー 配車 | 市内3駅から無線配車輸送 (市内主要箇所への送迎) | | タクシー3台による 配車アプリケーション検証 | 待機→実車→支払 →休憩、配車指示 (基地局メッセージ) | |

4. 3 試験実施スケジュール

| 車両種別 | 実験試験局 | 同乗者 | 走行技術試験実施スケジュール | | | | | | 駐車位置 |
|---|--|--|-----------------------------------|--|-----------------------------|--------------------------|----------------------|---------------|---|
| | | | 10:00~ | 11:30 | 12:30 | 14:00 | 15:00 | 15:30 | |
| 路線コース | 搭載無線局 | 同乗者/補助者 | 出発 | 昼休憩 | 再出発 | | 帰庫撤収 | 帰庫 | |
| 日進中央線 マイクロバス | ぜんじむ16 ぜんじむ30 | 高須/石原/江尻 | 10:52発 | 送迎中 視察試験 | 13:25出発 | | 無線機ANT 撤収 | 送迎 | 本庁舎横 大型駐車P |
| ①赤池線 ②米野木線 ③三本木線 ④梅森線 ⑤五色園線 ⑥岩崎線 ⑦循環線 | ぜんじむ17 ぜんじむ18 ぜんじむ19 ぜんじむ20 ぜんじむ21 ぜんじむ22 ぜんじむ23 | 江尻/服部 中島 内田 片桐 山本 足立(岩) 並木 | 1 10:39出発 10:05発又は11:18 | 11:30日途 (に昼休憩) 12:30~ 無線機搭載 | 2 13:00出発 13:40出発 | 3 14:15発 15:55 | 無線機ANT 撤収 | | 1日合計22便 (に同乗し試験) 循環線・藤森 線は中型バス |
| ゴミ収集① ゴミ収集② | ぜんじむ24 ぜんじむ25 | 天池/足立 岡崎 | 30日:10:15出発 1日:10:15再設営 | 日進衛生へ | | | パッカー車 無線機積込 | レンタカー 駅前返却 | 日進衛生事業 所で積込撤収 |
| タクシー① タクシー② タクシー③ | ぜんじむ26 ぜんじむ27 ぜんじむ28 | 古山/斧田/石原 古家/ 平/錦部/大戸 | 10:00~出発 | 本庁休憩 | 3駅待機 | | 撤収 タクシー帰社 展示室入 | | 玄関先P1~P3 に待機 |
| レンタカー | ぜんじむ29 共通予備機 | 29日:RSSI検証 | エコドーム待機 (レンタカー搭載で) | | | | 撤収 | レンタカー店 | |

- 太文字数字は移動局番号。ミニバスは一斉に出発。
 : 枠矢印は、走行時間帯を示す。
 : 移動局 29 は共通予備、29 日午後 RSSI 検証 (レンタカー)

29日: 基地局設営、試験、設営操作方法等のレクを行う。
 午後: RSSI 確認走行 (愛知池南低地域)
 循環線と藤森線は中型バスで運行
 30日と1日の13:30~15:00に視察会 (延18名参加)

- ①名鉄バスの日進中央線は、マイクロバスで市役所一赤池駅間 (往復) を試験ダイヤで走行。
 ②一斉発車のミニバス7路線を2班でANT設営支援する。
 ③ゴミ収集車は、前後をレンタカーで代行し、パッカー車搭載による通信試験は、30日15時取付、1日15時撤去とした。
 ④借上げタクシー3台による仮想市内送迎 (待機→実車→支払→空車) を行った。

ゴミ収集作業の進捗管理業務

パッカー車等に移動機を搭載し、市内1600ヶ所の集積所を対象に種別・曜日別収集作業を模擬した収集作業検知管理を行った。

タクシー配車管理業務

市内の3駅を待機拠点として、市役所、病院、学校、岩崎城、観光地、紅葉スポット等への送迎 (実車→空車、休憩) を行った。(迎車メッセージを含む。)

11/30-12/1 実証技術試験 エコドーム 出入りイメージ図



(注)エコドーム構内は一方通行です。(機材装着のみ)

(注)構内通路(一般駐車場)は、駐車待機使用はできません。

(エコドーム入口)



出発時間の20分前からスタンバイを!

ミニバスの出発(終了)時間

※ 循環線を除く

| 午前 | 午後 |
|------------------|-------------------------|
| 10:39 (11:30) | 13:00発 (15:10/16:25) |

【駐車場及び移動機の積込方法】

- 市内巡回ミニバスは、市役所玄関前のバス駐機場で先頭車から2組で行う。
- マイクロバス、レンタカー(ゴミ)は、指定駐車場に駐車待機する。

| 借上げ車種 | 常設駐車場(機材積込) |
|-----------|-------------------|
| マイクロバス | 本庁舎横指定P (←) |
| タクシー3台 | 指定P1, P2, P3 (←) |
| レンタカー(ゴミ) | 指定P1, P2, P3又は附带P |
| 市内ミニバス | 本庁舎玄関前P |

無線機取付時は指示により展示室前(ミニバス路)

送電線鉄塔

(出口)

ミニバス出発路

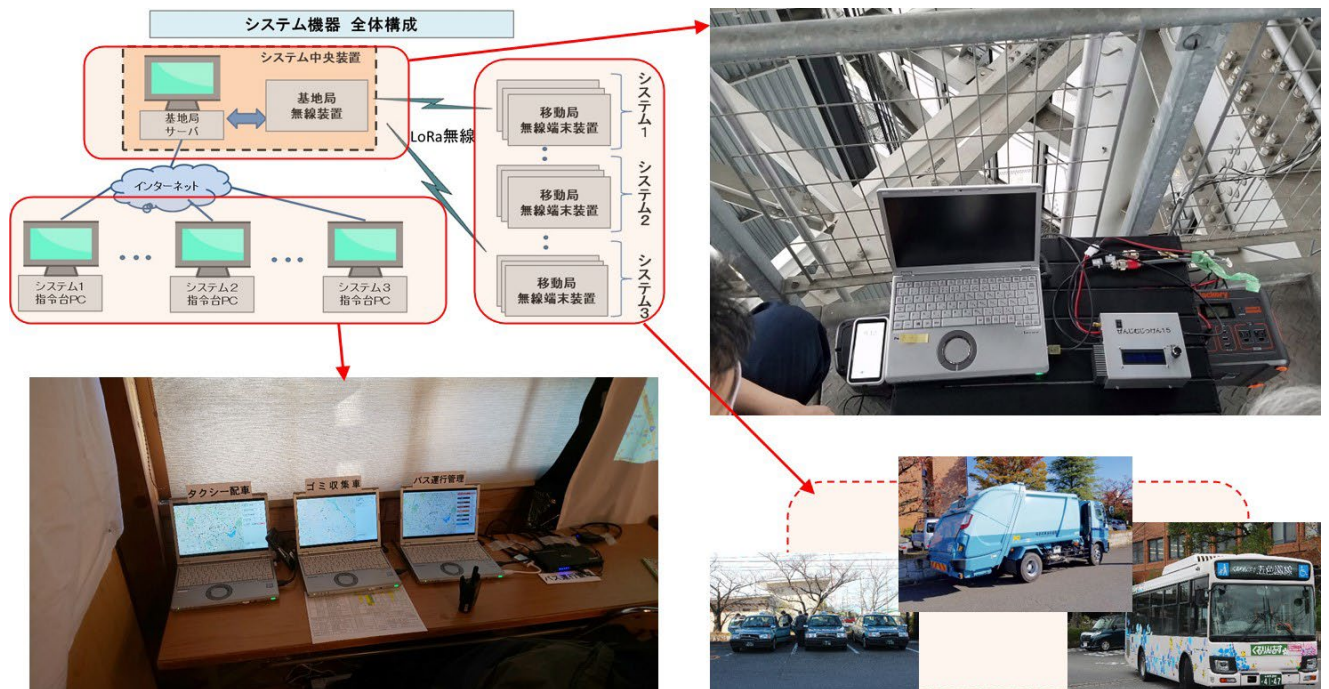
(正面道路)

本庁舎前指定駐車場
(公衆電話ボックスより徒歩1分)



4. 4 総合試験の実施状況

(1) 試験システム全体像



(2) 各アプリケーション指令台画面例



バス運行アプリ
指令台画面



ゴミ収集車アプリ
指令台画面



タクシーアプリ
指令台画面

(3) バス運行管理アプリ



(4) ごみ収集・タクシー配車 アプリ



(5) 試験日の朝ミーティング、無線機インストール準備



4. 5 各アプリケーション機能確認リスト

◎バスロケーション指令台アプリケーション

- ・マップ表示
 - バス位置表示
 - バス停位置表示
- ・バス情報表示
 - バス名（路線名）表示
 - 通過バス停情報表示（遅延時間等）
 - 次バス停情報表示（到着予定時刻）
 - バスステータス情報表示
- ・指令（メッセージ通知機能）
 - バス名を左クリックすると、指定したバスにメッセージ（固定、任意入力）

を送信できる
全車両一斉
（固定、任意

◎タクシー指令台アプリケーション

- ・マップ表示
 - タクシー位置表示
 - ランドマーク（病院、学校、警察、消防、バス停等）位置表示
- ・タクシー情報表示
 - タクシー名表示
 - 最寄りのランドマーク名表示
 - タクシーステータス情報（空車、実車等）表示
- ・指令（メッセージ通知機能）
 - タクシー名を左クリックすると、指定したタクシーにメッセージ（固定、任意入力）を送信できる。

◎ごみ収集車指令台アプリケーション

- ・マップ表示
 - ごみ収集車位置表示
 - ごみ集積所位置表示（ごみ収集車が通過すると緑表示）
 - ごみ処理センター位置表示
- ・ごみ収集車情報表示
 - ごみ収集車名表示
 - 最寄りのごみ集積所名表示
 - 通過したごみ収集所の数を表示
- ・指令（メッセージ通知機能）
 - ごみ収集車名を左クリックすると、指定したごみ収集車にメッセージ（固定、任意入力）を送信できる。

◎基地局アプリケーション機能（スーパーバイザー機能）

- ・マップ表示
 - 全アプリケーション 全移動体位置表示
 - 基地局位置（東山スカイタワー）表示
- ・移動体情報表示
 - 移動体名表示
 - 無線通信状態（RSSI、無線局との距離、無線パケット受信時刻等）情報表示
 - ステータス情報表示
- ・指令台接続状況表示
 - 接続開始時刻(ログオン)、接続時間等表示
 - 通信パケット個数表示
- ・無線基地局コマンド送受信
 - バージョン情報確認。
 - システム種別設定 リモートで 全移動局ごとのアプリケーション、ID設定
 - Bパケット送信 各アプリケーションのメッセージ伝送として
 - Sパケット送信 各アプリケーションの全移動局に対するメッセージ伝送
 - 無線基地局コマンドモニタ画面

4. 6 指令台画面例及び表示遷移例

4.6.1 バスアプリケーション 指令台画面 例

(1) 指令台画面全体

キャプチャー時刻：1130130700

2022/11/30 13:07:00

| | |
|----------------------|------------------------|
| 16 名鉄 日進中央線 | 発車08 |
| 発車 赤池駅08 | ⇒ 次は 箕ノ手北09 |
| 定例1300 発車時刻1246 | 06 便 定例1302 到着予定時刻1302 |
| 17 ①赤池線 | 発車04 |
| 発車 立寺山04 | ⇒ 次は 日進駅05 |
| 定例1304 発車時刻1304(分速1) | 06 便 定例1310 到着予定時刻1311 |
| 18 ②米野木線 | 発車03 |
| 発車 立寺山03 | ⇒ 次は 日生東山04 |
| 定例1303 発車時刻1303(分速1) | 06 便 定例1305 到着予定時刻1307 |
| 19 ③三本木線 | 発車02 |
| 発車 図書館02 | ⇒ 次は 藤枝03 |
| 定例1302 発車時刻1302(分速1) | 06 便 定例1305 到着予定時刻1306 |
| 20 ④梅森線 | 発車02 |
| 発車 図書館02 | ⇒ 次は 白山03 |
| 定例1302 発車時刻1302(分速1) | 06 便 定例1305 到着予定時刻1307 |
| 21 ⑤五色園線 | 発車04 |
| 発車 東部福祉会館北04 | ⇒ 次は 宮西05 |
| 定例1304 発車時刻1304(分速1) | 06 便 定例1305 到着予定時刻1307 |
| 22 ⑥岩崎線 | 発車04 |
| 発車 御岳口04 | ⇒ 次は 六坊05 |
| 定例1305 発車時刻1305(分速1) | 06 便 定例1306 到着予定時刻1307 |
| 23 ⑦循環線 | 発車04 |
| 発車 立寺山04 | ⇒ 次は 日進駅05 |
| 定例1304 発車時刻1304(分速1) | 10 便 定例1310 到着予定時刻1311 |

全車両宛一斉送信 バス表示

送付先ユニット名 時刻 メッセージ

(2) 指令台画面 地図拡大

キャプチャー時刻：1130130700

バス アイコン 進行方向を示す

バス停 アイコン 路線で色分け

(3) 路線状態表示拡大

キャプチャー時刻：1130130700

基地局接続: 2022/11/30 13:07:00

路線名: 16 名鉄 日進中央線

発車バス停番号: 発車08

運行バス情報: 発車 赤池08 → 次は 箕ノ手北09

バス宛メッセージ送信画面

バス宛メッセージ送信記録

バス停表示ダイアログを表示

(4) 全路線状態表示

キャプチャー時刻：1130130700

| ①赤池線 | ②米野木線 | ③三本木線 | ④梅森線 | ⑤五色園線 | ⑥岩崎線 | ⑦循環線 | 日進中央線 |
|---|---|---|--|---|--|--|--------------------|
| 06便[1分以上遅延] | 06便[2分以上遅延] | 06便[1分以上遅延] | 06便[1分以上遅延] | 06便[1分以上遅延] | 06便[1分以上遅延] | 10便[1分以上遅延] | 06便 |
| 11 鎌ヶ寿 13:24出発予定 | 11 日進駅 13:22出発予定 | 11 三本木区民会館 13:18出発予定 | 11 香久山 13:17出発予定 | 11 五色園 13:14出発予定 | 11 けやき公園 13:14出発予定 | 11 終点-市役所 13:25出発予定 | 11 浅田 13:07出発予定 |
| 01 市役所 02 回書館 03 浅間下 04 笠寺山 05 日進駅 06 日進駅南 07 南ヶ丘北 08 南ヶ丘南 09 藤塚六丁目 10 高松池 11 鎌ヶ寿 12 藤塚 13 上ノ山 14 浅田区民会館 15 平子 16 箕ノ手北 17 赤池駅 18 赤池駅 19 赤池小学校 20 赤池南一丁目 21 箕ノ手西 22 箕ノ手中央 23 箕ノ手東 24 千子南 25 日進西高校 26 藤塚南 27 おひめ病院 28 スポーツセンター 29 市役所東 30 日進駅 31 終点-市役所 | 01 市役所 02 浅間下 03 笠寺山 04 日進東山 05 寺島 06 東山グラウンド 07 日進東山 08 日進東山北 09 榎木北 10 栄 11 日進駅 12 栄 13 日進団地 14 米野木台二丁目 15 米野木郵便局 16 福成 17 宮西 18 藤島 19 藤島小方場 20 藤島公会堂 21 東中学校 22 東部福祉会館北 23 米野木 24 米野木駅 25 日進団地 26 榎木北 27 日進東山北 28 平子台 29 米野木西 30 本郷 31 回書館 32 中央福祉センター 33 終点-市役所 | 01 市役所 02 回書館 03 藤枝 04 米野木西 05 米野木 06 米野木東仲 07 丸山 08 榎ノ木 09 三本木 10 日進ユウタウン 11 三本木区民会館 12 上川田 13 カネ 14 名高大 15 上川田 16 三本木区民会館 17 三本木 18 南山ヒコク北 19 南山ヒコク南 20 南山ヒコク西 21 愛知牧場西 22 下五反田 23 米野木東仲 24 米野木 25 米野木駅 26 米野木台二丁目 27 米野木郵便局 28 福成 29 東中学校 30 本郷 31 中央福祉センター 32 終点-市役所 | 01 市役所 02 回書館 03 白山 04 保健センター北 05 野道 06 北高上 07 丸山 08 香久山東 09 岩崎台-香久山福祉会館 10 香久山中 11 香久山 12 南高上 13 新田 14 日生機西園前 15 日生機西園 16 東名古屋病院 17 梅森 18 梅森台 19 梅森台中 20 梅森西 21 梅森西 22 平針北 23 西部福祉会館 24 赤池北 25 生産学館プラザ 26 浅田北 27 野方公民館 28 終点-市役所 | 01 市役所 02 本郷 03 東中学校 04 東部福祉会館北 05 宮西 06 藤島 07 岩崎東 08 レッ塚 09 夏焼 10 総合運動公園西 11 五色園 12 かねで台 13 かねで台西 14 北新町 15 愛知学院大東 16 日輪機運動公園 17 長久手古輪塚駅 18 愛知学院大東 19 北新町 20 相野山福祉会館 21 つばき台 22 かねで台北 23 かねで台 24 五色園 25 五色園南 26 五色園東 27 総合運動公園西 28 夏焼 29 レッ塚 30 岩崎東 31 藤島 32 宮西 33 東中学校 34 本郷 35 中央福祉センター 36 終点-市役所 | 01 市役所 02 保健センター東 03 白山 04 御店口 05 六坊 06 井天池南 07 岩塚 08 芦刈 09 岩崎台東 10 岩崎台西 11 けやき公園 12 岩崎西 13 岩崎南 14 石神(南) 15 香久山中 16 石東西 17 石神 18 芦刈 19 岩塚 20 北部保育園 21 障害者福祉センター 22 橋山女子学園大 23 竹の山南 24 竹の山中 25 名外大-名字大前 26 名外大-名字大東 27 クリーンハイツ 28 井天池 29 六坊 30 北部福祉会館北 31 岩崎西 32 御店 33 小軒 34 岩崎東 35 岩崎西 36 藤島 37 藤島小方場 38 藤島公会堂 39 本郷 40 中央福祉センター 41 終点-市役所 | 01 日進市役所 02 榎甲 03 野方 04 浅田東 05 浅田西 06 浅田西 07 箕ノ手北 08 赤池駅 09 箕ノ手北 10 浅田西 11 浅田 12 浅田東 13 野方 14 榎甲 15 終点-日進市役所 | |

(5) 路線状態 遷移表示例

キャプチャー時刻：1130130700 1 6 秒後 キャプチャー時刻：1130130716

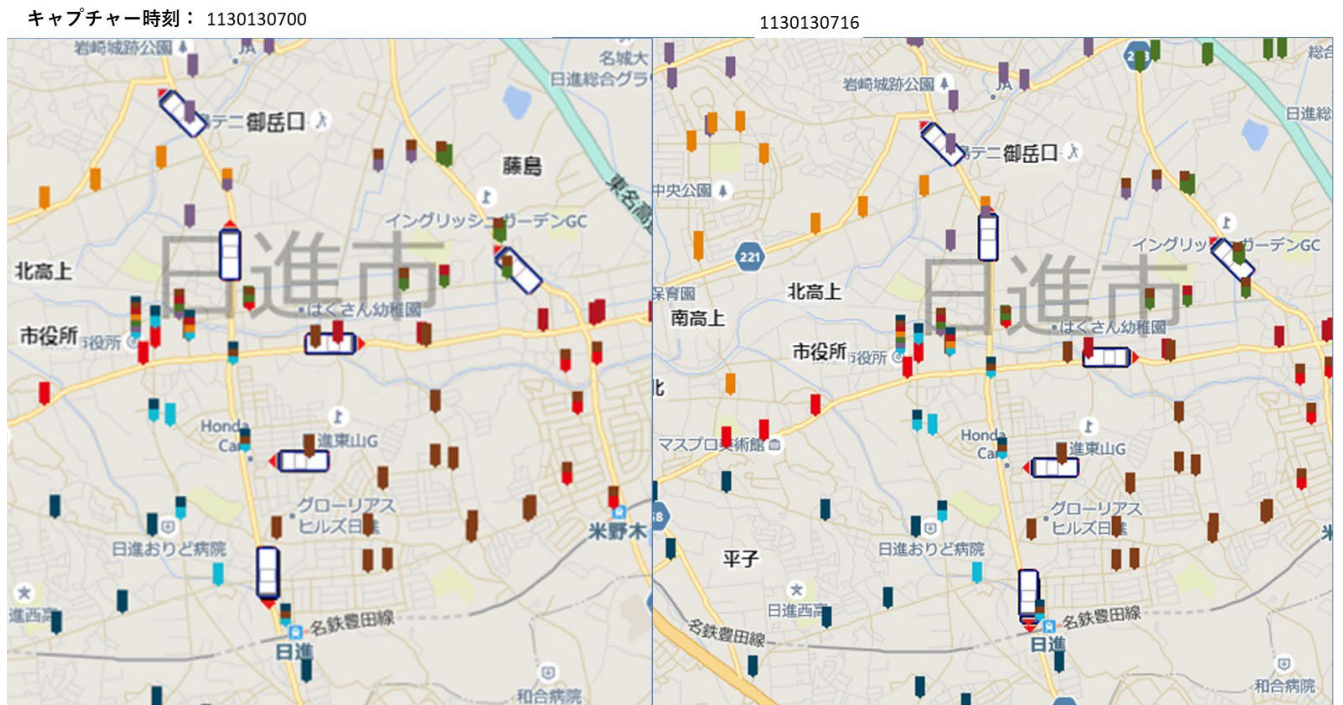
| 路線名 | ⑤五色園線 | ⑥岩崎線 | ⑦循環線 |
|--------|---|--|---|
| 遅延情報 | 06便(2分以上遅延) | 06便(1分以上遅延) | 10便(1分以上遅延) |
| 検索情報水色 | 11 けやき公園 13:13出発予定 | 11 けやき公園 13:14出発予定 | 11 終点-市役所 13:25出発予定 |
| バス停 | <ul style="list-style-type: none"> 01 市役所 02 本郷 03 東中学校 04 東部福祉会館北 05 宮西 06 藤島 07 岩藤東 08 七少塚 09 夏焼 10 総合運動公園西 11 五色園 | <ul style="list-style-type: none"> 01 市役所 02 保健センター東 03 浅間下 04 御岳口 05 六坊 06 井天池南 07 岩根 08 芦刈間 09 岩崎台東 10 岩崎台 11 けやき公園 12 岩崎西 13 岩崎南 14 石神(南) 15 慶知学院大東 16 口崎運動公園 17 長久手古戦場駅 18 慶知学院大東 19 岩根 20 榎野山福祉会館 21 つばき台 22 かえで台北 23 竹の山南 24 竹の山中 25 名外六-名字芸大前 26 名外六-名字芸大東 27 グリーンハイツ 28 井天池 29 六坊 30 北部福祉会館北 31 岩崎橋西 32 御岳 33 東中学校 34 本郷 35 中央福祉センター 36 終点-市役所 | <ul style="list-style-type: none"> 01 市役所 02 図書前 03 浅間下 04 笠寺山 05 日進駅 06 折戸 07 おびだ病院 08 スポーセンター 09 市民会館 10 市役所東 11 終点-市役所 12 岩崎西 13 岩崎南 14 北新町 15 慶知学院大東 16 口崎運動公園 17 長久手古戦場駅 18 慶知学院大東 19 岩根 20 榎野山福祉会館 21 陣香者福祉センター 22 かえで台北 23 竹の山南 24 竹の山中 25 名外六-名字芸大前 26 名外六-名字芸大東 27 総合運動公園西 28 夏焼 29 七少塚 30 岩藤東 31 藤島 32 宮西 33 東中学校 34 本郷 35 中央福祉センター 36 終点-市役所 |

緑色：通過表示

○：運行表示

クリックで表示バス停

(6) バス位置表示遷移例(部分拡大)



(7) 路線状態遷移表示例

キャプチャー時刻：1130130700

| | | |
|---|---|---|
| <p>18 ②米野木線 発車03</p> <p>発車 笠寺山03 ⇒ 次は 日生東山04</p> <p>定例18:03 発車時刻18:05[2分遅れ] 06便 定例18:05 到着予定時刻18:07</p> | <p>1130130716</p> <p>米野木線 発車03</p> <p>発車 笠寺山03 ⇒ 次は 日生東山04</p> <p>定例18:03 発車時刻18:05[2分遅れ] 06便 定例18:05 到着予定時刻18:07</p> | <p>1130130718</p> <p>8 ②米野木線 発車04</p> <p>発車 日生東山04 ⇒ 次は 寺越05</p> <p>定例18:05 発車時刻18:07[2分遅れ] 06便 定例18:06 到着予定時刻18:10</p> |
| <p>19 ③三本木線 発車02</p> <p>発車 図書館02 ⇒ 次は 藤枝03</p> <p>定例18:02 発車時刻18:03[1分遅れ] 06便 定例18:05 到着予定時刻18:06</p> | <p>三本木線 発車02</p> <p>発車 図書館02 ⇒ 次は 藤枝03</p> <p>定例18:02 発車時刻18:03[1分遅れ] 06便 定例18:05 到着予定時刻18:06</p> | <p>9 ③三本木線 発車03</p> <p>発車 藤枝03 ⇒ 次は 米野木西04</p> <p>定例18:05 発車時刻18:07[2分遅れ] 06便 定例18:06 到着予定時刻18:08</p> |
| <p>20 ④梅森線 発車02</p> <p>発車 図書館02 ⇒ 次は 白山03</p> <p>定例18:02 発車時刻18:03[1分遅れ] 06便 定例18:06 到着予定時刻18:07</p> | <p>梅森線 発車02</p> <p>発車 図書館02 ⇒ 次は 白山03</p> <p>定例18:02 発車時刻18:03[1分遅れ] 06便 定例18:06 到着予定時刻18:07</p> | <p>0 ④梅森線 発車02</p> <p>発車 図書館02 ⇒ 次は 白山03</p> <p>定例18:02 発車時刻18:03[1分遅れ] 06便 定例18:06 到着予定時刻18:07</p> |
| <p>21 ⑤五色園線 発車04</p> <p>発車 東部福祉会館北04 ⇒ 次は 宮西05</p> <p>定例18:04 発車時刻18:06[2分遅れ] 06便 定例18:05 到着予定時刻18:07</p> | <p>五色園線 発車05</p> <p>発車 宮西05 ⇒ 次は 藤島06</p> <p>定例18:05 発車時刻18:07[2分遅れ] 06便 定例18:05 到着予定時刻18:07</p> | <p>1 ⑤五色園線 発車05</p> <p>発車 宮西05 ⇒ 次は 藤島06</p> <p>定例18:05 発車時刻18:07[2分遅れ] 06便 定例18:05 到着予定時刻18:07</p> |
| <p>22 ⑥岩崎線 発車04</p> <p>発車 御岳口04 ⇒ 次は 六坊05</p> <p>定例18:05 発車時刻18:06[1分遅れ] 06便 定例18:06 到着予定時刻18:07</p> | <p>岩崎線 発車04</p> <p>発車 御岳口04 ⇒ 次は 六坊05</p> <p>定例18:05 発車時刻18:06[1分遅れ] 06便 定例18:06 到着予定時刻18:07</p> | <p>2 ⑥岩崎線 発車04</p> <p>発車 御岳口04 ⇒ 次は 六坊05</p> <p>定例18:05 発車時刻18:06[1分遅れ] 06便 定例18:06 到着予定時刻18:07</p> |
| <p>23 ⑦循環線 発車04</p> <p>発車 笠寺山04 ⇒ 次は 日進駅05</p> <p>定例18:04 発車時刻18:05[1分遅れ] 10便 定例18:10 到着予定時刻18:11</p> | <p>循環線 発車04</p> <p>発車 笠寺山04 ⇒ 次は 日進駅05</p> <p>定例18:04 発車時刻18:05[1分遅れ] 10便 定例18:10 到着予定時刻18:11</p> | <p>3 ⑦循環線 発車04</p> <p>発車 笠寺山04 ⇒ 次は 日進駅05</p> <p>定例18:04 発車時刻18:05[1分遅れ] 10便 定例18:10 到着予定時刻18:11</p> |

4.6.2 タクシーアプリケーション指令台画面 例

(1) 指令台画面 全体

キャプチャー時刻：1201142600

基地局接続: 2022/12/01 14:26:00

| | |
|------------------|-----|
| 26 タクシー①(日進駅) | 支払い |
| 27 タクシー②(赤池駅) | 実車 |
| 28 タクシー③(米野木駅) | 空車 |
| 29 タクシー予備 | 空車 |
| 30 名鉄タクシー(赤池駅往復) | 空車 |

メッセージ送信記録

| 送信先ユニット名 | 時刻 | メッセージ |
|-----------|----------|---------|
| 28 タクシー予備 | 14:08:17 | オカルヤマデス |
| 29 タクシー予備 | 14:08:23 | オカルヤマデス |

(2) 車両状況遷移 表示例

キャプチャー時刻：1201 142600

キャプチャー時刻：1201 142600

キャプチャー時刻：1201 142600

キャプチャー時刻：1201 142600

| | |
|------------------|-----|
| 26 タクシー①(日進駅) | 支払い |
| 27 タクシー②(赤池駅) | 実車 |
| 28 タクシー③(米野木駅) | 空車 |
| 29 タクシー予備 | 空車 |
| 30 名鉄タクシー(赤池駅往復) | 空車 |

| | |
|------------------|-----|
| 26 タクシー①(日進駅) | 支払い |
| 27 タクシー②(赤池駅) | 実車 |
| 28 タクシー③(米野木駅) | 空車 |
| 29 タクシー予備 | 空車 |
| 30 名鉄タクシー(赤池駅往復) | 実車 |

| | |
|------------------|-----|
| 26 タクシー①(日進駅) | 支払い |
| 27 タクシー②(赤池駅) | 実車 |
| 28 タクシー③(米野木駅) | 実車 |
| 29 タクシー予備 | 空車 |
| 30 名鉄タクシー(赤池駅往復) | 実車 |

| | |
|------------------|----|
| 26 タクシー①(日進駅) | 実車 |
| 27 タクシー②(赤池駅) | 実車 |
| 28 タクシー③(米野木駅) | 実車 |
| 29 タクシー予備 | 空車 |
| 30 名鉄タクシー(赤池駅往復) | 実車 |

- ・ 指令台画面の時系列（車両状況把握）推移の例である。
- ・ 指令台の操作による配車などの指示が十分には成されなかったが、配車、実車、空車、支払いなどの状態変化が把握できている。
- ・ 車両位置変化は地図がなくても把握できる表示となっている。

4.6.3 ゴミ収集車アプリケーション指令台画面 例

(1) 指令台画面 全体

キャプチャー時刻：1201140158

24 ゴミ収集車① 収集中
0051回収
回収時刻 14:01:12 総回収箇所 10

25 ゴミ収集車② 収集中
1023回収
回収時刻 14:01:58 総回収箇所 12

集積所番号、回収時刻、総回収箇所

メッセージ送信記録

全車両宛一斉送信

| 送信先ユニット名 | 時刻 | メッセージ |
|----------|----|-------|
| | | |

・ゴミ集積所の数：約千箇所
・ゴミ集積所センサーがないので、接近10mで「収集中」とした

統合美化センター

(2) 指令台画面拡大 状態遷移表示例

キャプチャー時刻：1201140112

24 ゴミ収集車① 収集中
0051回収
回収時刻 14:01:12 総回収箇所 10

25 ゴミ収集車② 収集中
1001回収
回収時刻 13:52:24 総回収箇所 11

総回収箇所 10

11

キャプチャー時刻：1201140300

24 ゴミ収集車① 収集中
0071回収
回収時刻 14:02:27 総回収箇所 11

25 ゴミ収集車② 収集中
1023回収
回収時刻 14:01:58 総回収箇所 12

総回収箇所 11

12

4.6.4 システム基地局サーバ 制御画面 例

The screenshot displays a control interface for a mobile base station server. It features a map of Niigata City with red 'X' marks indicating communication errors. A sidebar on the right contains several data tables and control buttons.

無線基地局 (Wireless Base Station) IP: 106.138.53.2 | 2022/12/01 14:27:00

| ユニット名称 | 呼出番号 | RSSI | 距離 | 受信時刻 | 状態 |
|---------------|------|------|------|----------|------|
| [B] 16 名鉄バス | 0 | -68 | 6185 | 14:26:58 | 発車01 |
| [B] 17 ①赤池線 | 1 | -74 | 7590 | 14:26:58 | 発車05 |
| [B] 18 ②米野木線 | 2 | -88 | 7616 | 14:26:58 | 発車05 |
| [B] 19 ③三本木線 | 3 | -88 | 8525 | 14:26:58 | 発車06 |
| [B] 20 ④梅森線 | 4 | -82 | 6281 | 14:26:58 | 発車08 |
| [B] 21 ⑤五色園線 | 5 | -84 | 7994 | 14:26:58 | 発車10 |
| [B] 22 ⑥岩崎線 | 6 | -86 | 5609 | 14:26:55 | 発車05 |
| [B] 23 ⑦循環線 | 7 | -81 | 7502 | 14:26:58 | 発車05 |
| [G] 24 収集車① | 8 | -80 | 6107 | 14:25:37 | 収集中 |
| [G] 25 収集車② | 9 | -78 | 8865 | 14:26:59 | 収集中 |
| [T] 26 タクシー① | 10 | -87 | 5849 | 14:26:59 | 支払い |
| [T] 27 タクシー② | 11 | -72 | 5254 | 14:26:59 | 実車 |
| [T] 28 タクシー③ | 12 | -99 | 8773 | 14:26:59 | 空車 |
| [T] 29 タクシー予備 | 13 | -41 | 102 | 14:26:59 | 空車 |
| [T] 30 名鉄タクシー | 14 | -73 | 6183 | 14:26:59 | 実車 |

システム名称 | **状態** | **開始時刻** | **接続時間** | **送信個数** | **受信個数**

| | | | | | |
|-----------|----|----------|----------|------|----|
| ミニバスシステム | 接続 | 13:37:42 | 00:49:18 | 7695 | 19 |
| タクシーシステム | 接続 | 13:37:03 | 00:49:56 | 7688 | 13 |
| ゴミ収集車システム | 接続 | 13:37:38 | 00:49:21 | 7689 | 5 |

LOSTポイントマッピング | LOSTポイント数 | 111

無線制御コマンドボタン: パーツ情報確認, システム種別設定, 自物外送信, 自物外受信

移動無線局 (Mobile Wireless Station) is highlighted on the map.

赤色Xは通信エラー記録 (Red X is communication error record).

すべてのアプリの移動体の情報が表示される。録 (Information of all mobile applications is displayed. Record).

すべてのアプリの指令台との接続情報が表示される。 (Connection information of all applications with the command center is displayed).

通信不良が記録された数 X印オン/オフ (Number of communication failures recorded. X mark on/off).

無線制御コマンドボタン (Wireless control command button).

基地局のサーバの表次画面では、すべてのサービスアプリの状況、移動体の状況が把握できる。

(2) 制御画面 部分拡大

This is a zoomed-in view of the control interface, focusing on the map and the data tables. The map shows the area around Niigata City, with a red circle highlighting the location of the mobile base station [G] 24 収集車① 市役所.

無線基地局 (Wireless Base Station) IP: 106.138.53.2 | 2022/12/01 14:27:00

| ユニット名称 | 呼出番号 | RSSI | 距離 | 受信時刻 | 状態 |
|---------------|------|------|------|----------|------|
| [B] 16 名鉄バス | 0 | -68 | 6185 | 14:26:58 | 発車01 |
| [B] 17 ①赤池線 | 1 | -74 | 7590 | 14:26:58 | 発車05 |
| [B] 18 ②米野木線 | 2 | -88 | 7616 | 14:26:58 | 発車05 |
| [B] 19 ③三本木線 | 3 | -88 | 8525 | 14:26:58 | 発車06 |
| [B] 20 ④梅森線 | 4 | -82 | 6281 | 14:26:58 | 発車08 |
| [B] 21 ⑤五色園線 | 5 | -84 | 7994 | 14:26:58 | 発車10 |
| [B] 22 ⑥岩崎線 | 6 | -86 | 5609 | 14:26:55 | 発車05 |
| [B] 23 ⑦循環線 | 7 | -81 | 7502 | 14:26:58 | 発車05 |
| [G] 24 収集車① | 8 | -80 | 6107 | 14:25:37 | 収集中 |
| [G] 25 収集車② | 9 | -78 | 8865 | 14:26:59 | 収集中 |
| [T] 26 タクシー① | 10 | -87 | 5849 | 14:26:59 | 支払い |
| [T] 27 タクシー② | 11 | -72 | 5254 | 14:26:59 | 実車 |
| [T] 28 タクシー③ | 12 | -99 | 8773 | 14:26:59 | 空車 |
| [T] 29 タクシー予備 | 13 | -41 | 102 | 14:26:59 | 空車 |
| [T] 30 名鉄タクシー | 14 | -73 | 6183 | 14:26:59 | 実車 |

システム名称 | **状態** | **開始時刻** | **接続時間** | **送信個数** | **受信個数**

| | | | | | |
|-----------|----|----------|----------|------|----|
| ミニバスシステム | 接続 | 13:37:42 | 00:49:18 | 7695 | 19 |
| タクシーシステム | 接続 | 13:37:03 | 00:49:56 | 7688 | 13 |
| ゴミ収集車システム | 接続 | 13:37:38 | 00:49:21 | 7689 | 5 |

LOSTポイントマッピング | LOSTポイント数 | 111

4. 7 試験結果のまとめ

4.7.1 技術試験の検証目的

(1) さまざまな地域事業のDX化が期待され、車両をはじめとする移動体を活用する業務の途切れの無い通信と広い地域をカバーする経済的なIoT無線システムが求められることから、本技術試験では、令和元年度から検討してきたLPWAのひとつであるLoRa®通信技術を使っていくつかの試みを実施した。

令和2年度には、LoRa®方式の通信信頼度や伝送特性について基礎的なデータを得て、送信電力の差による伝搬特性などについて比較、検討した後、比較的通信トラフィックが多いタクシー自動配車システムの擬似的なシステムの運用などを行い、複数移動局同士の送信パケットの衝突やその回避方法の検討と実験、あるいは収容移動局数の検討などを行った。

令和4年度は、比較的通信トラフィックが少ない郊外中小都市における周波数有効利用方策として1通信システムに複数サービスアプリを実装した共同利用システムの基礎的な検討と社会実証試験のための試験システム及び実証試験用アプリケーションソフトを製作して技術試験を行った。

(2) 本技術試験の具体的なサービスアプリとして、通信トラフィックが少ない環境でのバスロケーションサービス、ゴミ収集車管理サービス及び流し運用のないタクシーオンデマンドサービスについてベーシックな機能を擬似的に実現した。それらのサービスアプリを、ひとつの無線通信システム(地域自営IoT無線システム)上に共存させるように構築した。また、今回の技術試験では、通信システムを複数のサービスアプリで共有した場合の実用性、基本的問題の有無などについての検証を目的とした。

4.7.2 技術試験の主眼点

既に本報告に掲げたようにそれぞれのサービスアプリのシステム上での動作や表示について示した。今回の技術試験では、複数の異なるサービス事業者の相互の独立性が重要であり、機密性も重要である。

一方、こうした各サービスアプリそれ自体の「できばえ」は今回の技術試験の評価対象ではない。情報をどのように蓄積し、扱い、表示するかが評価の中心となり、また各サービスアプリの相互の関連の有無、干渉の有無、情報混乱流出の有無などに注目する必要がある。

4.7.3 システムの構成方法の検討

次図は本実験システム的设计段階でのシステムの基本機能概念図である。このシステムを実現するためのアプローチは、いくつも考えられる。

昨今のインターネットやクラウドサービスの状況を勘案すれば図の「インターネット」の部分にはシステム全体の(クラウド)サーバが置かれ、すべてのサービスアプリがそのサーバに搭載される。

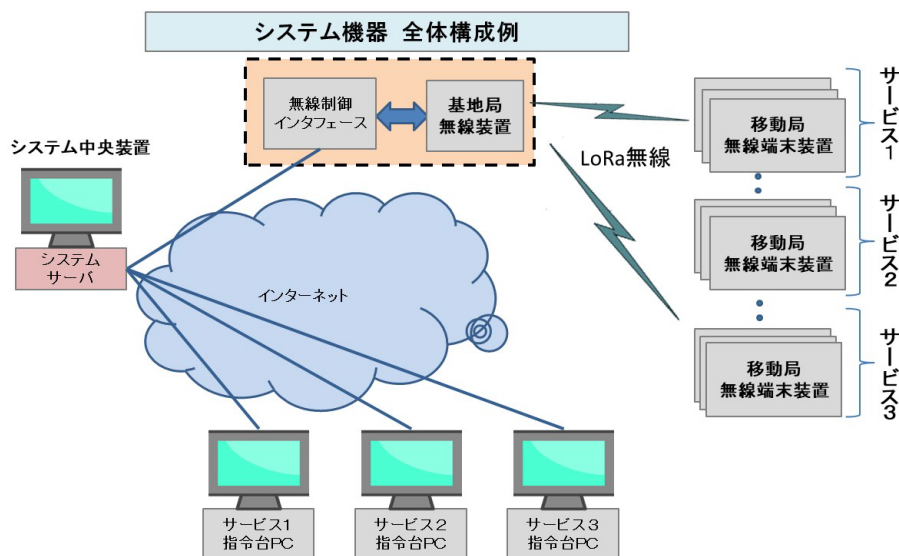
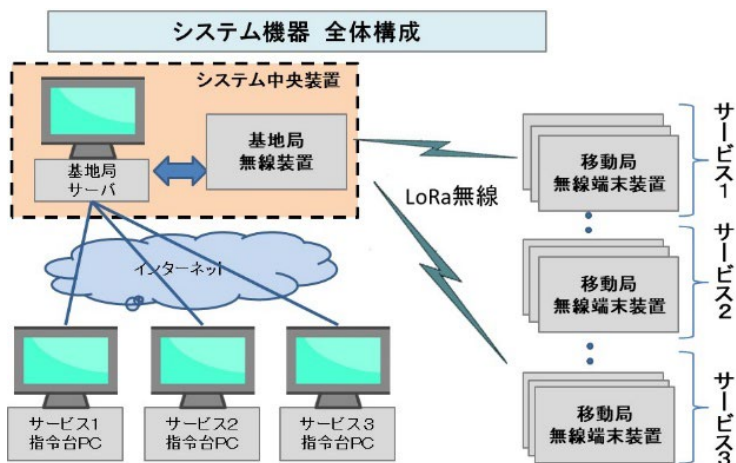
そのシステムサーバに蓄積される移動体の情報をシェアする形で、各サービスの指令台が取り出し、蓄積し、加工し、整理し、表示することも可能である。

また、下図のシステム中央装置はシステムサーバであり、クラウドサーバによることも可能である。これを全体システムのコンソールとして中央装置として考えることも可能であろう。

システムの独立性を確保し、機能の改変に対応し、柔軟な運用をするには、サービスアプリ機能はできるだけ指令台ごとに機能管理させることが望ましい。このことはとりもなおさず通信システム全体の運用負荷を軽くすることにもなる。つまりインフラとしての通信システムに負荷を掛けずに、そのインフラの上でサービスアプリを運用する側(指令台)に多くを委ねるという考え方である。また、別の考え方として、機器の構成は同じであっても機能分担をシステムサーバに集中させ各サービスの指令台はシステム中央装置にある Web サイトを閲覧する方式もあり得る。これによれば各指令台には特別なソフトウェアは必要なく Web ブラウザだけで良いはずである。

その場合にも各サービス間での相互干渉やデータ漏洩の防止に十分な配慮が必要になる。より綿密厳格な Web サイトへのアクセス管理が重要になる。各サービスの指令台は単純にウェブブラウザ機能によって自身のサービスアプリの制御、管理を行うことが可能である。

一方、基地局についてもプロトコルコンバータを内蔵して、直接クラウドサーバへの接続をすることが可能となる。しかしながらシステム規模全体が小さく、運用するサービスアプリの種類が少ない場合には、できるだけ機能制御部分をモジュール化して、機能ごとに集中管理することで効率化を図ることができる。



4.7.4 本技術試験で導入したシステム

本技術試験においては、経済性（開発コスト）、試験準備期間（数ヶ月）、技術試験実施期間（実質数日）、拡張性は不要、など多くの限定的条件があることにも十分配慮して技術試験システムを専用ソフトウェアによって構成した。クラウドサーバの導入は見送った。

基地局無線機の制御と全体システムのコンソールとしての機能は一体化し、基地局無線機の設置場所に統合した。基地局サーバ、指令台3種類はすべて汎用のPCではあるが、専用のソフトウェアを製作実装した。

基地局がタワー上に設置されることで、基地局サーバもタワー上(地上80m)に設置し、Wi-Fiルータによってインターネット接続をした。基地局サーバのWi-FiルータはグローバルIPアドレス取得を取得したが、固定のIPアドレスは準備できなかった。各指令台からもWi-Fiルータでインターネットを介して基地局サーバに接続した。

以上の例示のように同じ機能を実現するにも、選択肢は多く、システム全体規模、汎用性、拡張性、保守性、機密性等に十分配慮して、具体的な構築方法とすべきである。今回のシステム構築については仮設の短期間機能確認という目的に合致することが、システム構成方法選定の支配的な要因であった。

4.7.5 システムの基幹部分でのインターネット接続

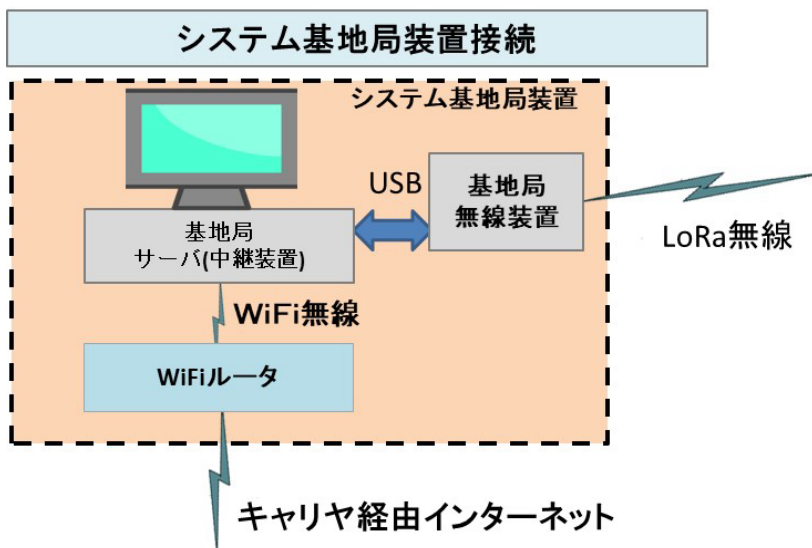
いずれのシステム構築においても各機器からインターネットへのアクセスが必須になる。今回の技術試験場所は、有線接続が許されない環境のためWi-Fiルータによる接続とした。

しかし、これがシステムの安定性に少なからず影響した。特に、基地局のインターネット接続が不安定になるとシステム全体が不安定に陥ってしまう。タワー上の地上高80mを超える環境での携帯電話会社のサービスについては、使用場所がその安定度に大きく影響することがある。今回は最良設置位置を見だし動かさぬようにし、接続が不安定になったときの復旧手順を周知した。

基地局サーバのWi-FiルータはグローバルIPアドレス取得を取得したが、固定のIPアドレスは準備できていなかった。

基地局サーバのインターネット接続が一時的に切れると、それまでに得て指令台が接続相手としていたグローバルIPアドレスが変化してしまうことがある。再接続にはDNSの力を借りてもタイムラグが生じる。Wi-Fiルータのインターネット接続をグローバルの固定IPアドレスとすべきであった。

無線接続サービスでこれを扱う業者は極めて数が少なく限られているので、注意すべきであった。本件は本質的な問題では無いがインターネット万能の意識でいると失敗する事例である。実用時には、システム中央装置のサーバは設置環境に十分考慮して、有線によるインターネット接続とし、システムの稼働安定度・信頼度の確保に留意すべきである。



4.7.6 システム機能で評価すべき事項とその結果

上記のネットワーク構成で以下の点について検討・評価した。

(1) サービスアプリごとの独立性

システムサーバの中に蓄積したデータの仕訳とその管理がこの部分に決定的な影響を及ぼす。

一方でシステムサーバ(基地局サーバ)はシステム全体のスーパーバイザとしてすべてのシステムやその移動体の状況、指令台との接続状況を監視、管理する必要がある。

こうした分離独立管理と、統合監視制御を並行して行うためにデータのタグ付け、ストレージ管理、ソフトモジュールの作り方に配慮した。本技術試験中にこうした独立性に関わる不具合は認められていない。

(2) サービスアプリ間の非干渉性

(1)同様、意図するしないにかかわらず、サービスアプリ間に動作の干渉があってはならない。たまたま本技術試験の最中にあるサービスアプリの指令台 PC が頻繁にフリーズして動作を停止する不具合が初期の試験中に発生した。

この時、他のサービスアプリには何も影響が無く、動作を継続することが出来ていた。予期せぬインターネット接続断などでシステムサーバが予期せぬ動作をすることは無かった。

(本件はある PC の画面解像度設定に関わる不具合が原因と判明した。)

その他に指令台 PC や基地局サーバの不安定さがサービス相互に影響を生じることは無かった。

(3) サービスアプリ間のデータの機密性

実システムではサービスアプリが異なる事業者が同じ通信システム上で事業を運用するため、そのデータや動作の状況が他のサービスアプリの事業者に知られることは、事業の機密性を損なうことになる。

本技術試験では基地局サーバの画面上にはすべての情報が表示され、これがこの機密性にもっとも触れやすい環境にある。しかしこの基地局サーバのコンソールにはシステム運用者以外に触れることはできず、各指令台から基地局サーバに他のサービスのデータを検索したり表示したりすることはできない。偶発的にもそうした現象は無かった。

当然のことではあるが、指令台のログオン情報が漏洩しないことが前提条件にある。

二重ログオン防止やリアルタイム二段階認証など一般的な機密性維持の技術事項が必要である。

4.7.7 サービスアプリと通信信頼度

LoRa®方式は、試作と評価をしてきた。地域自営 IoT 無線システムとしてパラメータの決め方にもよるが採用した設定では高密度なトラフィックでは移動体無線端末数の収容数に制限があった。

今回は自営無線方式の中でも比較的到低いトラフィックのアプリケーションによってその特長を活かそうとしている。すなわち高い受信感度と誤り訂正能力、混信除去能力(耐妨害特性)などを活かして移動局の送信パケット相互衝突で破綻を起こさぬよう通信実験をしてきた。

本技術試験ではその成果を踏まえて、パケット衝突を起こさないプロトコルとして各種の問題の混在を防いだ。従って受信電界に対応した送信電力制御機能は移動無線機に内蔵はしたが、あえて使用しなかった。あわせて誤り制御も簡素化して、再送処理を行わず簡素な通信手順に重点化した。Ack/Nack は通信情報に含まれてはいるが、メッセージ交換周期が短いことなどから再送などせずに誤り訂正手順の煩雑さを避けた。

こうしたプロトコルを簡素化したことが原因での不具合は発生していない。これは収容移動局数が増えて総合的検討により誤り訂正制御手順が必要になった場合にはトラフィック低減と信頼度確保のための十分な検討が必要である。

通信サービスエリアなどに関連して言えるのは、従来の伝搬試験や、無線機の基礎的性能確認などを踏まえると、単一型空中線を使用した市街地での実質 1%PER の限界は、信号強度約-110dBm SNR 約-10dB 程度と考えられる。これは市街地雑音環境や移動速度、基地局ロケーション、空中線の条件などフェーディング等により大きく変化することも考慮する必要がある。

4.7.8 サービスアプリの種類数と収容可能端末数

本技術試験では評価課題としなかったが、具体的なシステム設計を行うときに、一番難しい課題になると考えられる。複数のサービスアプリには自ずとそれぞれレスポンスタイムの要求があり、移動体が自動車の場合には当然移動速度と位置の把握頻度の必然性が有る。こうしたことを理想(要求)に近づけようとする、トラフィックが増え、端末の収容台数の制限となり得る。

本技術試験システムでは、何の条件付けもせずに3秒毎の全車発報として、ストレスが無いシステムレスポンスを得た。しかしトラフィック低減を検討すると、こうした定間隔無条件発報はトラフィック増大を起こす。従って、実際の複合サービスアプリで設計する場合には、移動距離、イベント条件などの発報条件をより複雑にして考える必要がある。

本技術試験では、「郊外のトラフィックの低い地域でのアプリ」を想定しているが、移動体の位置を把握する必要がある限り、トラフィックの低減とレスポンスタイムの短縮はトレードオフの関係と言える。また、郊外だからトラフィックが自然に下がるのでシステム実現が容易と考えることにも問題がある。

本技術試験で考えた複数のサービスアプリを収容して電波利用効率の向上を目指すには、それぞれのサービスアプリの収容台数、サービスレスポンスタイム、移動体情報把握頻度など多くのパラメータを見きわめてシステムの収容余裕度を評価しつつシステムを運用する必要がある。

また、パケット衝突による収容数劣化改善のために、基地局からの距離に依存する信号強度の差によるパケット衝突によるロスの低減などのために、移動局の送信電力制御も導入する必要がある。

4.7.9 技術試験結果の総括

LoRa®通信技術をシステムのベースとして、3種類のサービスアプリを実装し、それらの独立性、非相互干渉性、機密性について成果を得た。

また、通信の信頼度や収容するサービスの性格と収容端末台数などの検討必要性について知見を得た。

第5章 無線局制度化の検討

5. 1 地域自営 IoT 無線システムの目的と役割

地域自営 IoT 無線システムとは、地域の交通、運送、点検・集配回収あるいは生活支援や教育など車両を使った様々な地域事業において、新たな ICT 及び地域デジタル基盤を統合活用して、地域事業の DX 化を効果的に、かつ経済的に進めるため、複数の通信アプリケーション（移動無線通信機能）を一つの IoT 無線に統合した地域共同利用型の業務用 IoT 移動無線システムである。

とりわけ移動通信はデジタル化により、従来の音声による移動先との連絡手段から、移動先の動態作業管理に必要な情報をデータ通信により DX 化することが求められており、本地域自営 IoT 無線は、データの収集・分析・活用によって車両を含むモノや環境などの状態を計測し、リアルタイムの作業と稼働管理と地域業務を効果的にサポートするものである。

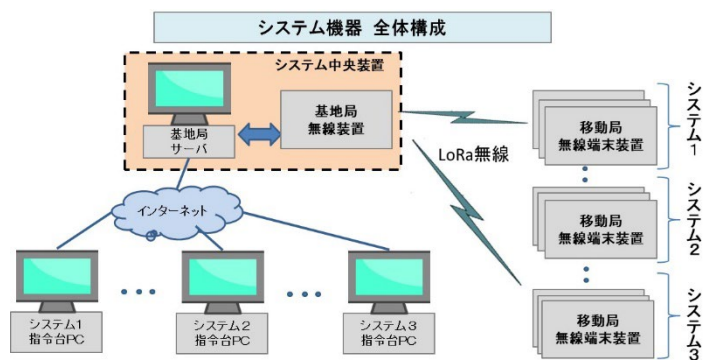
一方で数多くのセンサーや端末を構成する IoT 無線システムには、5G や LPWA といった高速通信や高価なクラウドコンピューティングを使った高速大容量の IoT システムの採用が考えられるが、高いデジタル投資とランニングコストの面から、車両数や通信頻度のわずかな地域事業者には、手の出ない DX 策と言われている。

本地域自営 IoT 無線システムは、比較的運用頻度が低い地域事業者に無線通信インフラ（基地局）を共用した共同利用型の IoT 移動通信を実現し、各ユーザーシステムが相互干渉をせずに、それぞれの無線通信機能を用いることができる。

従って、本地域自営 IoT 無線システムの検討においては、大都市部の高トラフィック対応ではなく、郊外の比較的運用頻度が低い各種の通信アプリケーションを統合して収容し、各通信アプリケーションが独立し、同時運用が可能となることを目的とした。

下図に示す技術試験で採用したシステムについても共同基地局とし、クラウドサーバーは用いずに、基地局サーバー、指令台のソフトウェアは、すべて汎用 PC 上に、それぞれ専用のソフトウェアを製作実装した。無線回線の通信データを相互に干渉しない独立性を保って共用することで、無線伝送量を抑え、周波数の有効活用に努めている。また、こうした地域事業者の所有移動局数は少なく、その車両の移動範囲は、ほとんど当該地域周辺までに限られることから、できるだけ多くのユーザーに、この無線システムの共同利用を図り、周波数の有効利用を高めるため、基地局には多くのユーザーを収容する大ゾーン方式を採用することが肝要である。

本 IoT 無線システムは、共同無線システムとして、できるだけ多くの地域ユーザーに1つの電波（周波数）を共同利用させることで、これまでのユーザー単位の周波数割当ではなく、地域単位での共用周波数割当方式による周波数有効利用効果を高め、小規模の移動無線ユーザーに経済的な IoT 化、DX 化が実現できるようにするものである。



5. 2 ユースケースと期待

(1) 地域ニーズ調査結果

昨年度、愛知県を中心に車載系 IoT 無線の地域ニーズ調査を行い、移動中の動態作業管理のために必要とするデータ移動通信のニーズ分析を行った。その結果、引き続き音声通信への強いニーズがみられる部分もあるが、地域交通や集配車、生コン車、教習車、作業車については、データ通信管理あるいは移動中の動態管理等のための IoT 化ニーズが広く見られた。

| 1. 400MHz 帯車載系業務用移動無線局の免許状況 | |
|--------------------------------|---|
| 調査分析結果 | 愛知県内の 400MHz 帯の周波数を使用する 13 社、34 基地局が免許されているが、2 周波方式は 1 社 2 基地局、移動局 91 局のみであった。 |
| 2. 市町村コミュニティバスのバスロケ整備状況 | |
| 調査分析結果 | 愛知県内 45 市町村にコミバスが運行され、全体の約半数の 24 市町村、128 路線にバスロケ整備されている。運転間隔 60 分以上の路線が 9 割を占め、平均所有台数は 10 台以下である。 |
| 3. デジタル MCA、地域振興 MCA の IoT 化動向 | |
| 調査分析結果 | デジタル MCA 17,978 局、地域振興 MCA 移動局 637 局に大きな IoT 化の動向はないが、利用局数は減少傾向にある。 |
| 4. 地域事業者の IoT 化の動向 | |
| 調査分析結果 | ゴミ収集車(36 焼却施設)、生コンミキサー車(76 事業者、81 製造所、車両数 480 台)、自動車教習車(47 教習所)の作業管理の IoT 化の関心が見られた。 |

愛知県下のコミュニティバスの整備運用状況

| 1 愛知県コミバス運行市町村 | | コミバス無市町村 | 未調査市町村 | |
|---|------------------|---|--------------|----------|
| 日進市、長久手市、尾張旭市、春日井市、北名古屋、稲沢市、あま市、津島市、愛西市、蟹江町、木曾岬町、飛島村、弥富市、東郷町、みよし市、豊田市、豊明市、刈谷市、知立市、安城市、大府市、東浦町、高浜市、西尾市、幸田町、知多市、阿久比町、半田市、碧南市、常滑市、美浜町、南知多町、豊山町、一宮市、大口町、犬山市、小牧市、瀬戸市、東海市、岡崎市、蒲郡市、豊川市、豊橋市、田原市、新城市 | | ・岩倉市(小牧市・一宮市コミバス乗入)・江南市(名鉄バス・大口町コミバス乗入)・扶桑町(大口町一部乗入) 3 市町 | 名古屋市(1 市) | |
| 2 コミバス運行路線数 | 5 路線以下の市町村 | 6~10 路線の市町村 | 11 路線以上 | |
| 4 5 市町村 2 2 4 路線 | 30 市町村 (67%) | 13 市町 (29%) | 2 市町 (4%) | |
| 3 所有バス停数(計) | バス停数が⇒ | 1 路線 20 未満の路線 | 20~40 未満の路線 | 40 以上の路線 |
| 45 市町村 6,392 バス停 (142 停/市町村、28.55 停/路線) | 22 市町 51 路線(23%) | 38 市町 151 路線(67%) | 16 市町 24 路線 | |
| 4 平日便数の総合計 | 5 便以下の路線数 | 6 便~12 便の路線数 | 13 便以上路線 | |
| 4,913 便 (平均 63 便/市町村、平均 22 便/路線) | 12 市町村 31 路線 | 35 市町 136 路線 | 25 市町 72 路線 | |
| 5 平日昼間平均運転間隔 | 60 分以内間隔 | 60~120 分未満間隔 | 120 分以上 | |
| (合計路線数: 224 運行路線) (60 分超路線 84%) | 18 市町村 38 路線 16% | 32 市町、93 路線(40%) | 30 市町 103 路線 | |
| 6 バスロケ合計路線数 | バスロケ未整備路線 | バスロケ不明市町村 | | |
| 24 市町村(53%) 128 路線 (57%) | 21 市町 96 路線(43%) | 高浜市、幸田市、碧南市 | | |

(2) 検討されたユースケース

昨年度の調査検討会で、以下の地域自営 IoT 無線の 8 つのユースケースが提案されているほか、その後の社会ニーズで、「幼児バスの安全管理無線システム」へのニーズが浮上している。

| 昨年度提案された地域自営 IoT 無線のユースケース 8 例 | |
|--------------------------------|--|
| 1. トラッキングモニター | 地域業務に欠かせない車両動態管理用トラッキングモニター |
| 2. 簡易バスロケーションシステム | 運行便数の少ないコミュニティバスのバスロケーションシステム |
| 3. タクシー配車システム | タクシーの空車マッチングと無線配車 |
| 4. 地域ゴミ収集情報管理システム | 分別回収を行うゴミ収集車の広域作業モニタリングシステム |
| 5. 生コンミキサー車運送管理システム | 搬送中の品質管理が求められるコンクリートミキサー車 |
| 6. 地域集配送管理システム | 集配送用地域共通アプリを採用し、集配送点検モニター、混載兼業配送等の省力化を実現 |
| 7. LP ガス検針回収情報管理システム | LP ガス残量検針データ伝送と空きボンベ回収作業の効率・省力化を図る。 |
| 8. 路上教習支援情報システム（自動車学校） | 自動車路上教習カルテの自動作成支援等の AI 自動車教習 |

5. 3 制度化の検討課題

(1) 周波数の有効利用を促進させるための無線局免許制度化

免許制度化の前提条件として、各ユーザー単位の無線局免許制ではなく、1波の電波(周波数)に、できるだけ多くの地域ユーザーを収容し周波数の有効利用を図るための無線局免許制度を検討する。

従って、通信アプリケーション(無線通信機能)は、それぞれのユーザー業務に対応した複数の共通の通信アプリケーションの搭載を可能とした無線局とする。

次に、周波数の地域繰返割当方式によることなく、周波数の地域単位割当方式を基本とした地域周波数割当計画を策定する。従って、無線局免許の制度化については、基地局が共同無線となることから共同無線事業者を免許主体とした免許制度とし、陸上移動局についても、異免許人間通信等を規制する観点から、通信の相手方である基地局と同一免許人となるよう、同じ共同無線事業者を免許主体とすることが望ましい。

(2) 免許主体

共同無線方式の免許主体については、タクシー無線、デジタルMCA無線、地域振興MCAなどの共同無線の事例があり、下表<参考2>のとおり免許主体が定められている。これらの免許主体の規定ぶりを参考にしながら、本無線局の免許主体について、以下のような規定案を検討した。

<免許主体>

免許主体を基地局、陸上移動局ともに「共同無線事業者(別途、定義づける。)」とする。

<参考1> 共同無線事業者の例

| 無線システム | 免許人の事例 |
|---------------------------|--|
| 地域自営IoT無線システム (共同無線方式) | <ul style="list-style-type: none"> 〇〇タワー(電波塔)株式会社 〇〇共同無線協会 〇〇無線事業協同組合 〇〇地域無線協会 〇〇無線振興協会 |

<参考2> 既存の共同無線の免許主体及び通信の相手方

| 無線システム | 免許主体 | 通信の相手方 |
|--------|---|---|
| タクシー無線 | | |
| 基地局 | <ul style="list-style-type: none"> A タクシー事業者(個人タクシー事業者でないこと) B 事業協同組合(事業協同組合が開設する基地局と当該事業協同組合の組合員の基地局とを併せて、開設することとならないものであること。) C 団体(目的及び事業等を記載した定款及び無線局管理規程が定められていること、団体が開設する基地局と当該団体の構成員とを開設することとならないものであること。) | <ul style="list-style-type: none"> A 免許主体がタクシー事業者の場合 当該タクシー事業者所属陸上移動局 B 免許主体が事業協同組合である場合 当該事業協同組合所属陸上移動局 C 免許主体が団体の場合 当該団体所属の基地局又は当該団体の構成員所属の陸上移動局 |

| | | |
|-------------|---|--|
| 陸上移動局 | <p>A タクシー事業者 (基地局の免許主体が団体である場合は、その団体の構成員)</p> <p>B 事業協同組合(事業協同組合が開設する陸上移動局と当該事業協同組合の組合員の陸上移動局を併せて開設することとならないものであること。)</p> | <p>A 免許主体がタクシー事業者の場合 当該タクシー事業者所属の基地局又は陸上移動局。ただし、当該タクシー事業者が団体の構成員である場合は当該団体所属の基地局又は当該団体の構成員所属の陸上移動局</p> <p>B 免許主体が事業協同組合の場合には、当該事業協同組合所属の基地局又は陸上移動局であること。</p> |
| デジタル MCA 無線 | | |
| 基地局 | <p>A MCA 制御局は、MCA 陸上移動通信等の業務を提供することを目的とする一般社団法人又は一般財団法人</p> <p>B 陸上移動局は、根本基準第 8 条に適合するものであること。なお、これらの無線局は、公共業務を行うことを開設理由とする場合であっても、通信事項は、「MCA 陸上移動通信」として開設を認めることとする。また、移動可能な無線設備を用いて固定的に運用するものであっても陸上移動局として認める。</p> | <p>A 使用者所属の基地局及び陸上移動局</p> <p>B (省略)</p> |
| 陸上移動局 | (省略) | |
| 地域振興 MCA 無線 | | |
| 基地局 | <p>免許主体(構成員)は次のとおりであること。</p> <p>〇〇地域産業振興協会(地域の企業、農協、商工会、市町村等)</p> <p>〇〇地域商工振興協会(地域の企業、商店、商工会等)</p> <p>〇〇山村振興協会(森林組合、市町村等)</p> <p>〇〇観光振興協会(観光協会、観光バス会社、旅館、ホテル、市町村、駐車場管理者等)</p> <p>〇〇地域福祉協会(医師会、福祉事務所、身障者個人等)</p> <p>〇〇漁業振興協会(漁業協同組合、魚市場、水産加工業者マリーナ、小型漁船等の所有者、市町村等)</p> | 免許人所属の陸上移動局 |
| 陸上移動局 | (省略) | 免許人所属の基地局 |

5. 4 技術的条件の確保

当該地域自営 IoT 無線局の技術的条件について、規定化の必要性及び規定案を検討した。

まず、技術試験に用いた実験試験局の設計諸元と地域自営 IoT 無線局（陸上移動業務の無線局）の技術的条件を以下の(1)及び(2)に示す。

その技術的条件の検討の結果を無線設備規則（昭和 25 年電波管理委員会規則第 18 号）等に照らし、規定化を図ることとした。これまでの技術的条件の検討状況を以下の(3)に示したが、これらについては総務省との調整が必要となる。

(1) 地域自営 IoT 無線局の設計諸元

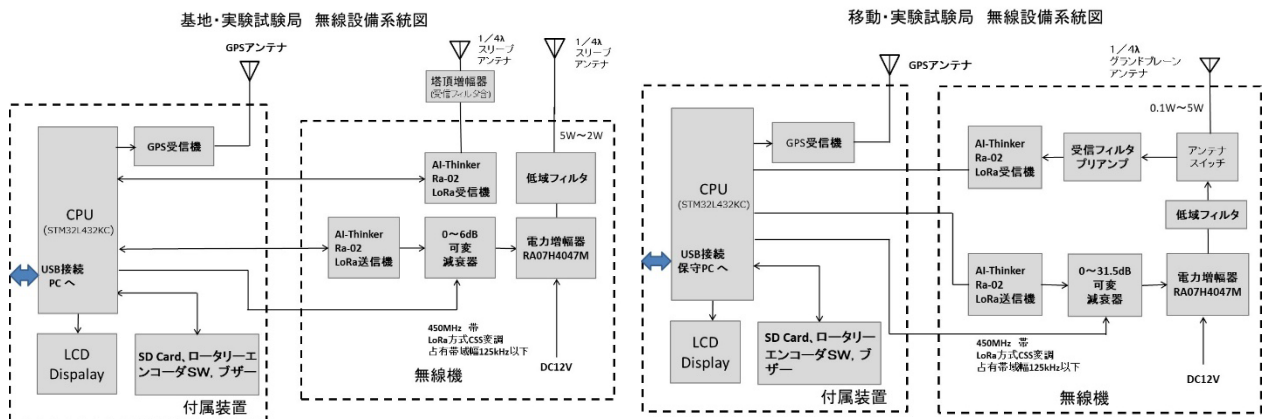
| 項目 | 区分 | 諸元値 | 備考 |
|--------------------|-----------|--------------------------|------------------|
| 使用周波数(帯)[MHz] | 上り(移動局送信) | 458.55MHz | 二周波単信 |
| | 下り(基地局送信) | 450.55MHz | 連続送信可能(FD) |
| 占有周波数帯幅 [kHz] | | 125kHz 以下 | |
| 電波型式 | | 125K G1D | LoRa® 変調チャープ CSS |
| 周波数拡散定数 | | SF 7 (128chip/symbol) | |
| 実効伝送速度 | | 4.8kbps | |
| 誤り訂正符号化率 | | 4/5 (オーバーヘッド 1.25) | |
| パケットペイロード | 移動局送信 | 3 2 byte 固定 | |
| | 基地局送信 | 可変(100byte 以内) | |
| 出力 [W] | 移動局 | 5W(0.1, 1, 5) | 低減可能(プログラム制御) |
| | 基地局 | 5W | 低減可能 |
| 周波数偏差 | | 3ppm 以内 | (1.38kHz 以内) |
| スプリアス強度 | | 2.5μW 以下 | |
| 通達距離 [km] | | 30km 以上目標 | |
| <参考> 受信感度 [dBm] | (基地局) | -125dBm/1%PER 目標 | モジュールカタログ値 |
| | (移動局) | -125dBm/1%PER 目標 | 同上 |
| 使用空中線 | (基地局) | (送信) 無指向性 (受信) 無指向性 | 受信塔頂増幅器使用 |
| | (移動局) | (送受信) 無指向性 | 送受切替使用 |

(2) 地域自営 IoT 無線局の技術的条件

| 項 目 | 区 分 | 規 定 値 | 適 用 条 項 |
|-------------------|------------|-----------------------------|---------------------|
| 割当周波数帯 [MHz] | 陸上移動局 (上り) | 458.2375~458.8625 [MHz] | (当面) |
| | 基 地 局 (下り) | 450.2375~ 450.8625 [MHz] | (当面) |
| 占有周波数帯幅の許容値 [kHz] | | 125kHz 以下 | |
| 電波型式 | | 125K G1D | LoRa® 変調チャープ CSS |
| 周波数拡散定数 | | SF 7 (128chip/symbol) | |
| 実効伝送速度 | | 4.8kbps | |
| 誤り訂正符号化率 | | 4/5 (オーバーヘッド 1.25) | |
| パケットペイロード | 移動局送信 | 32 byte 固定 | |
| | 基地局送信 | 可変(100byte 以内) | |
| 空中線電力 [W] | 移動局 | 5W | 低減可能 |
| | 基地局 | 5W | 低減可能 |
| 空中線電力の許容値 | | 上限 20%以下 下限 50%以内 | |
| 周波数の許容偏差 | 1 W を超えるもの | 3ppm 以内 | 10 以下[百万分率] |
| スプリアス強度 | | 2.5μW 以下 | |
| 通達距離 [km] | | 見通し内 30km 以上目標 | |
| 受信感度 [dBm] | (基地局) | -125dBm/1%PER 目標 | 実効-122dBm |
| | (移動局) | -125dBm/1%PER 目標 | 実効-122dBm |
| 使用空中線 | (基地局) | (送信) 無指向性 (受信) 無指向性 | 受信塔頂増幅器使用 |
| | (移動局) | (送受信) 無指向性 | 送受切換使用 |

(3) 技術的条件の規定検討案

| 項目 | 区分 | 規定値 | 適用条項 |
|--------------------|------------|---|--|
| 割当周波数帯[MHz] | 陸上移動局（上り） | (当面) 458.2375 ~ 458.8625[MHz] | (将来) 458.2375~ 459.5 [MHz] |
| | 基地局（下り） | (当面)450.2375~ 450.8625[MHz] | (将来) 450.2375~ 451.5 [MHz] |
| 指定周波数 | 陸上移動局（上り） | (当面)458.30MHz から 458.80MHz までの 125 kHz 間隔の周波数 5 波 | (将来) 458.3MHz から 459.425MHz までの 125 kHz 間隔の周波数 10 波 |
| | 基地局（下り） | (当面)450.30MHz から 450.80MHz までの 125 kHz 間隔の周波数 5 波 | (将来) 450.30MHz から 451.425MHz までの 125 kHz 間隔の周波数 10 波 |
| 周波数の許容偏差 | 1 W を超えるもの | 3 [百万分率] | 設備規則第 5 条別表 1 |
| 占有周波数帯幅の許容値 [kHz] | | 125kHz 以下 | 設備規則第 6 条別表 2 |
| 電波型式 | | 125K G1D | LoRa®変調チャープCSS |
| 周波数拡散定数SF | | 7 以下 | |
| 実効伝送速度 | | 4.8kbps 以上 | |
| 誤り訂正符号化率 | | 4/5 (オーバーヘッド 1.25) | |
| パケットペイロード | 移動局送信 | 32byte 以下(固定) | |
| | 基地局送信 | 可変(100byte 以内) | |
| 空中線電力 [W] | 基地局/移動局 | 5W 以下 | 低減可能 |
| 空中線電力の許容値 | | 上限 20%以下 下限 50%以内 | 設備規則第 14 条 |
| スプリアス強度の許容値 | | 2.5μW 以下 | 設備規則第 7 条別表 3 |
| <参考> 受信感度 [dBm] | (基地局) | -125dBm/1%PER 目標 | 実効-122dBm |
| | (移動局) | -125dBm/1%PER 目標 | 実効-122dBm |



5. 5 その他の検討事項

無線設備の技術的条件の検討のほかに、以下(1)の検討事項について、規定化の必要性について検討した。これらについても、今後、総務省と調整を図ることとする。

(1) 検討事項の抽出

| 検討事項 | 検討内容 | 規定の根拠（規定目標） |
|---------------------|--|---------------------------|
| 無線設備の技術的条件 | 設備規則適用の適否 | 設備規則への新たな規定化は不要 |
| | 審査基準の規定化の必要性 | 別紙の追加規定事項あり |
| 周波数利用・割当計画 | 地域周波数割当計画の規定検討 周波数等の指定基準案の検討 | 周波数割当計画・割当方針の基本的考え方を提案する。 |
| 本無線局の利用対象 | 利用対象と需要を推定し、移動体を使った地域事業者全般を対象とする。 | |
| 登録局の検討 | レンタル無線局（登録局）制度の適用について検討する。 | |
| 免許対象（免許主体） | 免許主体を共同無線事業者とし、 例示（文例）を提案する | 審査基準に規定 |
| 開設の根本的基準 （開設の条件） | 開設の根本的条件との関係を整理し、審査基準への明確（規定）化を図る必要がある | |
| | 第8条（その他の一般無線局）6号及び7号で開設の条件を明記している。また、同条1号で「免許人以外の者の使用に供するものでないこと。」と規定されていることから、本無線局は陸上移動局を含め、同一免許人の無線局とすることが求められている。 | |
| 通信の相手方 | 免許人所属の基地局・陸上移動局 | 一般的審査基準第3条(3)ウの現行規定を適用する。 |
| 通信事項 | 「一般業務用通信に関する事項」、 コード「GEN」とする。 | 規則改正の必要なし、 |
| 基地局の設置場所 | 無線設備の設置場所は、現行の一般的審査基準第3条(2)カを適用する。 | |
| 移動範囲の規定 | また、同審査基準第3陸上移動業務の局1(5)の現行規定を適用する。 | |
| 混信保護の標準 | 同一構内等至近距離に複数の空中線が設置される場合の混信保護の標準が同審査基準第3の1(7)に規定されているが、法第56条（混信等の防止）の規定を遵守する。←関連規定改正の必要性はない。 | |
| 伝送の質 | 同審査基準第3（陸上移動業務の局）15に470MHz以下の電波を使用するものの伝送の質の審査基準が規定されているが、本無線局について、別段の規定化が必要か、どうかを検討する。混信妨害の審査基準についても同様。 | |
| 周波数等の審査基準 | 地方委任波とし、地域周波数利用計画を策定し、これによる周波数の審査基準とする。←現行規定を適用する。 | |
| 占有周波数帯幅の規定 | 125kHzとし、審査基準への規定案を検討する。 SFの規定化についても検討する。 | |
| 空中線電力の指定 | 審査基準への規定案を検討する。 | |

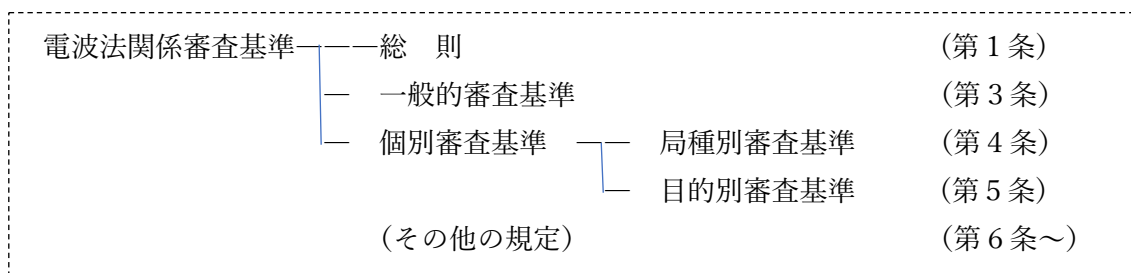
| | | |
|---------------------------------------|--|--|
| 無線設備の工事設計 | 現行審査基準を適用する。 | |
| 審査基準適用の検討 | 【検討事項】 無線局の一般的審査との適合性 無線局の個別審査必要性の検討 異免許人間通信等を行う場合の基準との整合性検討 通信事項及び用途の一覧表検討 | 審査基準改定案を作成し、総務省と検討する。 |
| 地域周波数利用計画 策定基準 | 陸上移動業務の無線局 | 策定基準案の検討が必要 |
| 無線局の目的、免許主体、開設理由、通信事項 (陸上移動業務の無線局) | 本無線局（登録局を含む）の免許方針案を策定して、関係規定の整備調整を行う。 | |
| 局種別審査基準 | 陸上移動業務の局の規定整合性を図る。 | |
| 関係目的別審査基準 | 陸上関係(その他の一般無線局) バス・タクシー用一般業務用無線局 自動車教習用一般業務用無線局 地域振興用一般業務用無線局 MCA 陸上移動通信用無線局 | 左記に定めた無線局との関係を整理し、引用改正の必要性を判断する。 (現時点では、本無線局の制度化に伴う引用改正はないとみている。) |

5. 6 規定案の取りまとめ

(1) 現行の電波法関係審査基準（平成 13 年総務省訓令第 67 号）は、次の項目で章構成されている。
このうち本地域自営 IoT 無線システムにおいて、周波数有効利用を図るために規定すべき審査基準の適用について検討する。

- ア 免許を要する無線局の一般的審査基準
- イ 免許を要する無線局の個別審査基準（1）局種別審査基準
- ウ 免許を要する無線局の個別審査基準（2）目的別審査基準

〔免許を有する無線局の現行審査基準（構成）〕



(2) 当該 IoT 無線局 (400MHz 帯周波数の G1D 電波を使用する基地局及び陸上移動局) の審査基準及び周波数割当てについては、総務省において行われるものであるが、本大ゾーン・共同利用型無線局の周波数有効利用を図る観点から、基地局の設置や周波数配置方法について言及した基準提言が必要である。そのため、総務省が定める無線局の審査基準、地域における周波数割当方針 (基地局設置方針) 及び無線局の目的別審査基準に盛り込んだ基準制定 (改正) の検討が必要である。

従って、上記 5.5 までの検討事項を踏まえ以下のとおり、現行の電波法関係審査基準と対比検討し、必要な無線局の目的別審査基準の改正規定案を取りまとめる。

〔第 1 免許を要する無線局の一般的審査基準〕

現行規定では、関連する事項について以下のように規定されており、特に改定が必要な事項を太字で表した。

免許を要する無線局の一般的審査基準 (第 2 章第 3 条関連)

(無線局の免許)

電波法 (以下、「法」という。) 第 6 条の申請書並びに、それに添付される無線局事項書及び工事設計書を受理したときは、法第 7 条の規定に基づき、その申請が次の各号に適合しているかどうかを審査し、適合していると認められるときは、免許を与える。

(1) 工事設計書に記載された事項は、次のアからコまでに適合するものであること。

ア 通信方式は、複信方式又は半複信方式であること。

イ 有効通達距離は、使用目的及び使用条件からみて、おおむね見通し内通信 30km を確保する適正なものであること。

ウ 送信装置は、次の条件に適合するものであること。

(ア) 定格出力は、電波の型式 (G1D) との関連及び通信エリアからみて、5 W 以下の適正なものであること。

(イ) 発射可能な電波の型式及び周波数の範囲は、希望する電波の型式 (G1D) 及び周波数の範囲を含むものであること。

(ウ) 発振方法及び周波数の安定方式は、外部の温度、湿度の変化及び機内温度の上昇並びに電源圧力の変動等に対して、送信周波数を許容値内に維持できるものであること。

(エ) 変調の方式及び周波数の混合方式は、電波の質、使用目的及び使用条件からみて適正なものであること。

(オ) 高周波濾波器は、基本波に対する挿入損失が少なく、かつ、不要発射等の強度を規定値以内に抑圧できるものであること。

(カ) その他の装置は、その機能及び方式が当該無線局の電波の型式、空中線電力及び使用する周波数帯からみて、適正なものであること。

エ 受信装置は、受信可能な電波の型式 (G1D) 及び周波数の範囲が、使用目的及び使用条件からみて適正なものであること。

オ 基地局の電源設備は、できる限り予備電源装置又は予備の購入電力線を有しているものであること。

カ 附属装置の種類、型式、規格等は、当該無線局の使用目的及び使用条件からみて適正なものであること。

キ 送信機、受信機、電源設備等の機器配置は、相互干渉、環境条件、保守の難易、危険防止等について十分に考慮されているものであること。

(ク～コ 略)

(2) 周波数の割当可能性は、次のアからエまでに適合するものであること。

ア 周波数は、周波数割当計画に適合するものであり他の無線局に混信を与えないものであること。

イ 周波数は、地域ごとに割当て、当該地域を通信エリアとする共同利用免許人に対し、1波の割当を基本とすること。

(3) 無線局事項書に記載された事項は、次のアからクまでに適合するものであること。

ア 無線局の目的は、一般業務用とする。

イ 免許主体は、当該無線局の共同運営団体とすること。

ウ 通信の相手方は、免許人所属の基地局又は陸上移動局とし、通信事項は一般業務に関するものであること。

エ 基地局の無線設備の設置場所は当該地域の通信エリアを十分にカバーする高所に設置すること。

(オ～ク略)

〔第2 免許を要する無線局の個別審査〕

免許を要する無線局の局種別審査基準（第3章 第4条関連）

陸上移動業務の局

1 無線設備の設置場所及び移動範囲は、次に掲げる条件に適合するものであること。

(1) 基地局空中線の設置場所は、周波数の有効利用及び共同利用効果を高めるため、できる限り多くの地域利用者の移動通信を確保できるよう、基地局空中線の設置場所は、通信の相手方及び通信区域は、無線局の目的及び開設を必要とする理由に照らし適正なものであること。

(3) 使用周波数、伝送方式、伝搬経路・地形等からみて、広域かつ十分な通信エリアが確保できる場所であること。

(4) 遠隔操作される基地局の無線設備の設置場所は、連絡線等遠隔操作に必要な施設が設置できるものであること。

(5) 無人方式の基地局の無線設備は、取扱者のほか、みだりに出入りできない場所に設置されているものであること。

(6) 地域共同利用の基地局であることを鑑み予備電源が確保されていること。

(7) 移動範囲は、当該地域共同利用者全体の陸上移動局の目的を達成するのに必要な範囲であること。
この場合において、沿岸水域内を含むものとする。（簡易無線局と同じ。）

(8) 送信機、受信機、電源設備等の機器配置は、相互干渉、環境条件、保守の難易、危険防止等について十分考慮されているものであること。

(9) 当該基地局の設置場所における温度、湿度等の変化する範囲が送受信装置の定格環境条件により広い場合は、当該送受信装置の定格環境条件を維持するため、温度調節、遮へい、通風、防湿、耐水等の措置が講ぜられているものであること。

2 通信方式の審査は、次の基準により行う。(通信路数は、単一通信路とする。)

400MHz帯(335.4MHzを超えて470MHz以下)でG1D電波を使用する複信方式の単一通信路を認める場合は、別表1に定める範囲内で指定できる場合に限るものとし、その審査は、次の基準により行うものであること。

ア (略)

イ (略)

3 送信装置の審査は、次の基準により行う。

(1) 定格出力は、電波の型式別の空中線電力の表示方法との関連並びに終段増幅部の出力規格、出力特性、終段部以降の損失、空中線電力の換算比等からみて、送信機の系統図に明示された出力端における値として適正なものであること。

(2) 発射の可能な電波の型式及び周波数の範囲は、希望する電波の型式及び周波数の範囲を含むものであること。

(3) 発振の方式及び周波数は、次のとおりであること。

ア 470MHz以下の電波を使用するものの発振の方式(変調用発振器のものを除く。)は、水晶発振方式又はそれと同等以上の電気的特性を維持できるものであること。

イ 周波数許容偏差は、設備規則規定に定められた範囲内であること。

(4) 変調の方式は、次のとおりであること。

ア 400MHz帯の電波を使用する無線設備であって、その変調方式がスペクトル拡散方式(変調方式コード:SS)の場合は、拡散係数(SF)7であること。

(5) 最高通信速度は、次のとおりであること。

ア 電波の型式がG1Dである場合の通信速度は、4.8kbps以上であること。

(6) 帯域通過濾波器は、基本波に対する挿入損失が少なく、かつ、不要発射等の強度を規定値以下に抑圧できるものであること。

(7) 送信端局装置は、次のとおりであること。

ア 情報伝送上必要な機能を満たす範囲内において、発射電波の占有周波数帯幅をできる限り狭く保持するものであること。

(8) ユーザーIDコードの取扱いは、次によるものとする。

ア 方式及び回路は、当該共同利用型無線局の共用方式に適し、その共用機能を確実に維持できるものであり、かつ、操作上又は他の共用群との関連において、起こり得る誤動作の予防に十分な考慮が払われているものであること。

イ 送受信機との入出力結合回路は、その局に使用する送受信機の回路構成、性能からみて、適正なものであること。

ウ 使用される部品、特に継電器、スイッチ、応動回路の選択素子、時計機構等の可動部分は、衝撃、震動、温度、湿度等の変化の定格環境条件において確実に動作するものであること。

(9) 同一基地局を異なるユーザーが共同利用することを前提として、ユーザーIDコードを付与した共同利用方式がとられているものであること。

(10) 基地局の電源設備及び整流装置は、次のとおりであること。

ア 電源設備は、できる限り予備電源装置又は予備の購入電力線を有しているものであり、かつ、安全な場所に設けられるものであること。

イ 受電盤又は発電機から送信装置までの電源系統は、機器の使用電力、負荷変動、分岐される系統の付加の種類、自動電圧調整器の挿入箇所等からみて、必要な電力を安定的に供給し得るものであること。

ウ 電圧変動率は、(±)10%以内であって、送信電波の周波数、占有周波数帯幅若しくは空中線電力又は不要発射等の変動が許容値内に維持できるものであること。

エ 可よう片又は自動遮断器は、負荷電流からみて、妥当なものであること。

(11) その他の装置は、その機能及び方式が当該無線局の電波の型式、空中線電力及び使用する周波数帯等からみて適正なものであること。

4 基地局の送信空中線系の審査は、次の基準により行う。

(1) 基地局の空中線及びその構成は、できる限り見通し内通信の確保に必要と認められるサービスエリアに適した特性を有し、かつ、できる限り全方位均一な通信サービスエリアを確保できるものであること。

(2) 400MHz 帯の電波を使用する基地局の空中線の利得は、定格出力との関連において、実効輻射電力が原則として 200W 以下となるものであること。

(3) 「基地局の空中線の地上高は、空中線電力、必要な通信区域等の関連において、できる限り低いものであること。」が現行規定であるが、周波数有効利用を高める共同利用型基地局とするため、これを改正し、「現行の規定にかかわらず、上記(1)のサービスエリアの確保に必要な、かつ適正な地上高であること。」と規定すべきである。

(4) 25.1MHz 以上の電波を使用する複信方式のものであって、送信電波が自局の受信機に干渉を与えるおそれがあるもの場合は、受信空中線に共用しないものであること。

(5) 受信を阻害する恐れのある空中線系の場合は、伝送の質を阻害しない範囲でできる限り良好な特性の濾波器が挿入されていること。

以下、(8)同軸ケーブル～(14)陸上移動局の空中線は、現行規定のとおりとする。

5 受信装置の審査は、次の基準及び送信装置の審査基準に準じて行う。(←現行規定どおりとする。)

6 (←現行 15) 470MHz 以下の周波数の電波を使用するものの伝送の質の審査 (現行どおりとする。)

7 (←現行 16) 混信妨害の審査 (現行どおりとする。)

その他、現行規定に該当する事項はないが、当該無線局に規定する審査基準が必要な場合は、目的別審査基準の項で提案する。

〔第3 無線局の目的別審査基準〕

無線局の目的別審査基準（第3章 第5条）

以下の(1)から(3)までの同様な共同利用型の一般業務用無線局の個別審査基準を参照して、次のとおり検討する。

- (1) 通信事項が一般乗用旅客自動車の運行に関する事項の無線局
- (2) 通信事項が地域振興に関する事項の無線局
- (3) 通信事項が MCA 陸上移動通信に関する事項の無線局

5. 7 目的別審査基準の検討

次に、本無線局の目的別審査基準への適用及び制定案について検討する。

なお、ここではさきに5.6で検討した免許を要する無線局の一般的審査基準及び局種別審査基準の検討事項及び制定案については、本目的別審査基準の項に統合表記することとし、さきの一般的審査基準及び局種別審査基準の改定は、行わないことを提案する。また、その規定化にあたっては、その必要性も含め、総務省と十分に調整を図ることとする。

<規定案>（第2 陸上関係 3 その他の一般無線局）

一般業務用(400MHz 帯の周波数の G1D 電波を使用する陸上移動業務の無線局に限る。)

地域単位で共同利用する 400MHz 帯周波数の G1D 電波を使用する一般業務用通信を行う無線局（以下、この項において、「地域共同利用無線局」という。）の審査は、次により行う。

- 1 無線局の目的は、一般業務用（目的コード「GEN」）とすること。
- 2 免許主体及び開設の条件（又は免許人等）
 - (1) 地域共同利用無線局を開設し、地域の事業振興、移動支援、生活及び活動の支援のための一般業務用通信を行うことを目的とする法人又は団体であること。（当該無線局の運営団体）
 - (2) 地域共同利用型無線局は、無線局の開設の根本的基準第8条に適合するものであること。
 - (3) 移動可能な無線設備を用いて当該移動通信系に加入し、固定的に移設運用するものにあっても、陸上移動局として認める。（MCA 陸上移動通信の場合の無線局と同様）

3 通信の相手方

(1) 基地局

免許人所属の陸上移動局であること。

(2) 陸上移動局

免許人所属の基地局又は陸上移動局であること。

4 通信事項

一般業務用通信に関する事項であること。

5 無線設備の設置場所及び移動範囲

(1) 基地局空中線の設置場所

周波数の有効利用及び共同利用効果を高めるため、できる限り多くの地域利用者の移動通信を確保できるよう基地局空中線の設置場所は、通信の相手方及び通信区域は、無線局の目的及び開設を必要とする理由に照らし適正なものであること。

(2) 移動範囲は、当該地域共同利用者全体の陸上移動局の目的を達成するのに必要な範囲であること。この場合において、沿岸水域内を含むものとする。(簡易無線局と同じ。)

6 周波数は、次の(1)から(6)までに適合するものであること。

(1) 周波数は、周波数割当計画に適合するものであり、他の無線局に混信を与えないものであること。

(2) 周波数は、地域ごとに割当て、当該地域を通信エリアとする共同利用者に対し、1波の割当を基本とすること。

(3) 共同利用型の基地局であるため、周波数の有効利用が図れることとなるものであること。

また、原則として、一の単位地域内にある全ての地域利用者が当該単位地域内の共同利用方式の基地局に加入し運用することとなっているものであること。

(4) 指定する周波数の数は、最大収容局数が400局であることを標準として算出するものとする。ただし、無線局の運用に支障を与えないと認められる場合は、この限りでない。

(5) 周波数は、総合通信局長が次により作成する周波数使用計画に基づき指定すること。

(6) 当該周波数の使用をできる限り多数の利用者の収容を実現させるため、一の利用者の収容局数は、20局以下を原則とすること。また、一の周波数を共用する各利用者の陸上移動局の数は、当該単位地域内において片寄がないこと。

7 空中線電力

基地局及び陸上移動局ともに5W以下であること。

なお、上記2の(3)に規定する移動可能な無線設備を用いて固定的に移設運用し移動通信系に加入する陸上移動局にあたっては、1W以下とすること。

8 工事設計書に記載された事項は、次の(1)から(5)までに適合するものであること。

(1) 通信方式は、複信方式又は半複信方式であること。

通信方式等は、デジタル通信方式であって、次のとおりであるもの。

ア 基地局の場合は、2周波複信方式又は2周波半複信方式であること。

イ 陸上移動局の場合は、2周波半複信方式であること。

(2) 送信方式は、基地局の場合は、常時送信方式、陸上移動局の場合は、〇〇方式であること。
(規定化の必要性がある場合、総務省と調整する。)

(3) 有効通達距離は、使用目的及び使用条件からみて、できる限り見通し内通信を確保する適正なものであること。

(4) 送信装置の伝送速度は、4.8kbps 以上であること。

(5) 送信装置は、次の条件に適合するものであること。

ア 定格出力は、電波の型式 (G1D) との関連及び通信エリアからみて、5 W 以下の適正なものであること。

イ 発射可能な電波の型式及び周波数の範囲は、希望する電波の型式 (G1D) 及び周波数の範囲を含むものであること。

ウ 発振方法及び周波数の安定方式は、外部の温度、湿度の変化及び機内温度の上昇並びに電源圧力の変動等に対して、送信周波数を許容値内に維持できるものであること。

エ 変調の方式及び周波数の混合方式は、電波の質、使用目的及び使用条件からみて適正なものであること。

(6) 変調の方式は、次のとおりであること。

ア 400MHz 帯の電波を使用する無線設備であって、その変調方式がスペクトル拡散方式 (変調方式コード: SS) の場合は、拡散係数 (SF) 7 であること。

(7) 最高通信速度は、次のとおりであること。

ア 電波の型式が G1D である場合の通信速度は、4.8kbps 以上であること。

(8) ユーザーID コードの取扱いは、次によるものとする。

同一基地局を異なるユーザーが共同利用することを前提として、ユーザーID コードを付与した共同利用方式がとられているものであること。

9 基地局の送信空中線系の審査は、次の基準により行う。

(1) 基地局の空中線及びその構成は、できる限り見通し内通信の確保に必要と認められるサービスエリアに適した特性を有し、かつ、できる限り全方位均一な通信サービスエリアを確保できるものであること。

(2) 空中線は、その発射電波の偏波面が垂直となるものであること。かつ、必要と認められる無線ゾーンに適した特性を有するものであること。

5. 8 周波数割当計画に対する考察

(1) 周波数割当計画に対する考察

ユーザーを免許人とする従来の需要配分制の周波数割当方針は、技術的に無線システムの1周波数あたりの移動局収容能力(共用可能局数)が高くても、免許人毎に割当てられるため、結局は周波数1波の共用無線局数が技術的収容能力までの達成が望めず、実効共用局数が低くなり、結果的に同一地域への割当波数が多く必要となる。

本地域自営IoT無線システムは、ユーザー毎に割当てられたIDで識別され地域共同利用する業務無線であり、データ伝送量や通信頻度の低い多数の地域ユーザーが1波を共同利用することにより、周波数の地域需要を賄い周波数有効利用の実効性が高まる。そのため、本地域自営IoT無線システムは、基地局の置局配置と地形等の見通し距離を考慮して、地域内の実際の周波数需要と大ゾーン基地局の置局を考慮して割り当てることが求められる。

(2) 地域周波数の計画配置例

本地域自営IoT無線システムは、400MHz帯ライセンスバンドを使用するデジタル移動通信を行うものであり、混信のない地域専用周波数を割当ててるものである。周波数の有効利用を図るため、大ゾーン長距離通信を確保させ、同一周波数の収容(共同利用)能力を考慮した繰返割当てとするのが望ましい。

すなわち、地域的に詰めて配置(割当)することではなく、本地域自営IoT無線システムでは、長距離通信性能を十分に活かして数十Km以上の基地局配置間隔を基本として、実際の大ゾーン基地局の置局条件を考慮した長距離間隔の繰返し割当てが重要であり、過大な周波数利用を抑え、トータルとして必要周波数の削減が期待できる。

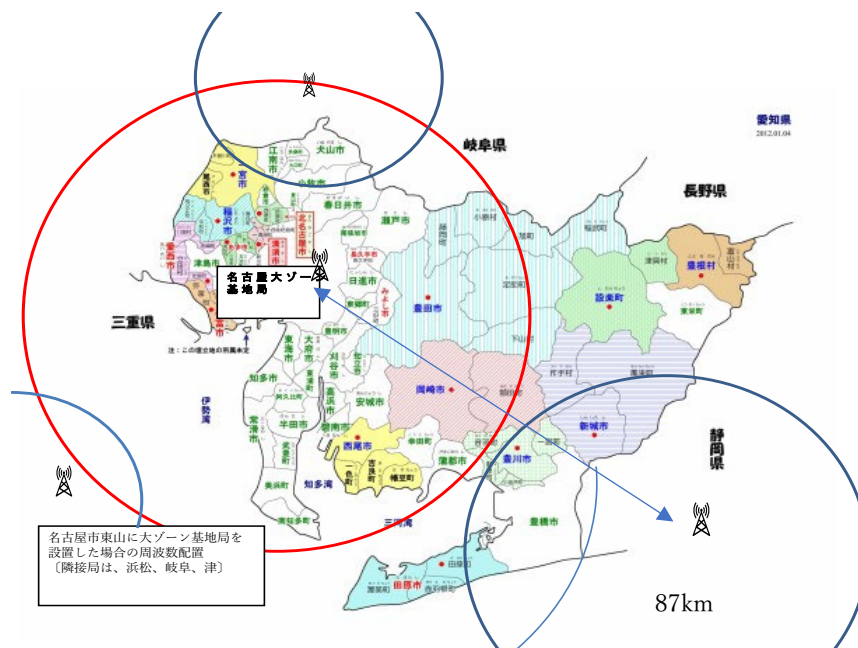


図 名古屋を中心とした長距離周波数配置例

しかし、見通し内通信であり、地形等による通信距離が制限される場合や海上伝搬により、他の地域の同一周波数の電波が届いてしまう場合もあり得る。その場合は、その双方の受信レベル差 (D/U 比) である同一チャンネル干渉 (-2dB) を考慮する必要があるが、数十 Km 以上の基地局間隔配置の場合の干渉ゾーン (帯) は、きわめて小さくなり、大ゾーン通信の有効性が期待される。

同一周波数を詰めて配置する従来の需要配分制の置局配置では、結果として多くの周波数を必要となるが、このように基地局の長距離間隔置局による周波数割当を行うことにより、国内全体の周波数の必要数を抑え、地域における周波数の有効利用が図られることになる。

また、隣接通信エリアには、隣接(D/U=-45dB)又は次隣接チャンネル(D/U=-68dB)を配置しながら、長距離間隔での同一波線返配置とすることで、全国的な周波数の有効利用につながると考えられる。

| | | | |
|---------|---------|---------|----------|
| 占有周波数帯幅 | チャンネル間隔 | アクセス方式 | 伝送速度 |
| 125kHz | 125kHz | CSS | 4.8kbps |
| 受信感度 | 同一チャンネル | 隣接チャンネル | 次隣接チャンネル |
| -125dBm | -4dB | -45dB | -68dB |

従って、本地域自営 IoT 無線システムによる標準的な割当て周波数は、隣接波、次隣接波を含めた当面 5 波 (上り下り合わせて 10 波) を想定する。

また、中間置局が発生する場合や加入移動局数が増加した場合は、将来、更に 5 波 (上り下り合わせて 10 波) の周波数割当てが必要となる。

地域周波数の計画配置は、長距離間隔を基本に、同一周波数を使う基地局の間において、D/U 比が確保されれば、その双方の基地局は、同じ周波数の繰返し利用が可能となり、この同一周波数の共用条件 (D/U 比) を確保し、実際の地形や繰返し距離間隔等を考慮して、周波数の地域需要に基づいた周波数割当てが重要となる。

〔周波数規定案〕

| 無線局(送信) | 周波数 (当面) | | 周波数 (将来) | |
|---------------|---|---------|---|------|
| 陸上移動局 (上り) | 458.30MHz から 458.80MHz までの 125kHz 間隔の周波数 5 波 | | 458.3MHz から 459.425MHz までの 125kHz 間隔の周波数 10 波 | |
| 基地局 (下り) | 450.30MHz から 450.80MHz までの 125kHz 間隔の周波数 5 波 | | 450.30MHz から 451.425MHz までの 125kHz 間隔の周波数 10 波 | |
| 電波の型式 | 占有周波数帯幅 の許容値 | 最大空中線電力 | 用途 | 使用区域 |
| G1D | 125kHz | 5W | 一般業務用 | 全国 |

第6章 社会実証試験の実施

6. 1 社会実証試験計画の概要

第4章の技術試験結果に基づき、愛知県日進市における社会実証試験計画を準備し、複数アプリケーションで実フィールドにおいて、バス、収集車、タクシーの実車両に15台の移動局を搭載して走行させ社会実証試験を公開で行った。本章ではその実施模様と評価をまとめる。

実施期日 令和5年1月31日(火)～2月1日(水)

実施場所 日進市民会館(指令台設営) 日進市役所前 日進市エコドーム 市内3駅

目的 地域自営IoT無線システムの社会実証に向けた実証試験を公開で行い、地域共同無線の利便性及び周波数有効利用効果を社会実証するもの。

試験内容 IoT無線システムによる3つの通信アプリケーションの同時実証試験

実験試験局(基地局1局、移動局15局)による走行通信検証試験

具体的には、8台のバス運行アプリケーション、2台のゴミ収集車の収集作業モニターと4台のタクシー配車アプリケーションの走行試験を行うもので、1月31日に環境設営・リハーサル検証を行い、2月1日正午すぎから社会実証試験を検討会委員、報道関係者に公開した。

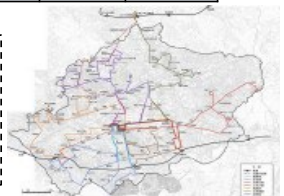
1/31-2/1 公開社会実証試験全体スケジュール

| 車両種別 | 無線局 | 同乗者 | 10:00~ | 11:30 | 12:30 | 14:00 | 15:00 | 15:30 | 16:00 | 駐車位置 |
|---|--|--|--------------------|------------------------------|-------|-------------------|--------------|----------------|------------------|---------------|
| 路線コース | 搭載無線局 | 同乗者/補助者 | 出発 | 昼休憩 | 再出発 | | | 帰庫 | (移動) | |
| 日進中央線 マイクロバス | ぜんじむ16 ぜんじむ30 | 平 31大河戸/1日:石原 | 10:52発 | | | 13:25 出発 | | | | 東山経由 メルバルへ |
| ①赤池線 ②米野木線 ③三本木線 ④梅森線 ⑤五色園線 ⑥岩崎線 ⑦循環線 | ぜんじむ17 ぜんじむ18 ぜんじむ19 ぜんじむ20 ぜんじむ21 ぜんじむ22 ぜんじむ23 | 江尻 中島 内田 片桐 山本 足立岩雄 藤城 | 10:39 出発 | 11:30 目途 に昼休憩 12:30 まで | | 2 13:00 出発 | 3 14:15 発 | | | 閉局撤収 |
| ゴミ収集① ゴミ収集② | ぜんじむ24 ぜんじむ25 | 天池 足立尚史 | レンタカー出発 早朝出発済み | 前日取付済 (日進衛生) | | 31日:岡崎 レンタカー出発 | 日進衛 生取付 | パッカー車 無線機積込 | 1日パッカー車 無線機撤収 | |
| タクシー① タクシー② タクシー③ | ぜんじむ26 ぜんじむ27 ぜんじむ28 | 池田 古家 高田 | 11:00~ 出発 | 本庁休憩 | | 駅待機 | | 撤収 タクシー帰社 | 展示室に 搬入 | |
| レンタ① レンタ② | ぜんじむ29 共通予備機 | 高須(レンタ) 岡崎(タクシー) | エコドーム待機 (レンタ搭載) | | | | | 撤収 | | 東山又は メルバルへ |

30日: 機材を展示室へ搬入・移動機材並べ、操作レク(福地、石岡、岡崎、高須、並木、平、藤代、高田)
 レンカ①: 名古屋駅→協会→総通局→日進エコドーム(弁当屋)
 レンカ②: 名古屋駅→協会→レンタ屋→日進エコドーム(弁当屋)

○太文字数字は移動局番号。ミニバスは一斉に出発。
 □ 枠矢印は、走行時間帯を示す。29日午後RSSI検証
 □ 移動局29は共通予備、29日午後RSSI検証(レンタ)

- ①名鉄バスの日進中央線は、試験ダイヤとし、マイクロバスで市役所一赤池駅間の往復試験路線とする。
- ②一斉発車のミニバス6路線を2班でCANT設営支援する。
- ③循環線は、②より遅れて次のダイヤで出発する。
- ④ゴミ収集車は、前後をレンタカーで代行し、パッカー車搭載による通信試験は、31日15時取付一日15時撤去とし、その前後はレンタカーによる収集作業とする。



実証試験会場の日進市民会館



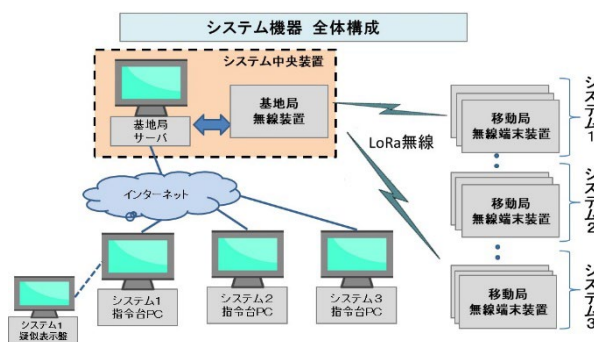
試験は良好な通信エリア内で行われた。



(2) 基地局の設営

海拔 80m の丘陵地に立つ名古屋市のタワーの Z18 プラットフォーム（上記中央、地上高約 80 m）上に送受信アンテナを設営し、実験試験局（基地局相当）1 局を設置し、日進市を含む尾三地区全般への通信エリアを確保した。

基地局無線装置には基地局 PC サーバが結ばれ、受信した移動局の情報により、全ての移動局の所在と状態を画面に表示し、システム全体の移動局の状況が把握できる。また、3 種類の指令台 PC からの移動局への送信指令を基地局無線機に指示する。



下図は指令台の PC にリモート表示された基地局画面である。基地局画面には、バス 8 台、タクシー 4 台、ゴミ収集車 2 台と待機用の共通予備機の合計 15 移動局の動態、通信状態が表示される。

| ユニット名称 | 呼出番号 | RSSI | 距離 | 受信時刻 | 状態 |
|-------------|------|------|------|----------|-----|
| [B] 16 名鉄バス | 0 | -82 | 5396 | 14:37:16 | 発車中 |
| [B] 17 名鉄バス | 1 | -96 | 7311 | 14:37:16 | 発車中 |
| [B] 18 名鉄バス | 2 | -87 | 7598 | 14:37:16 | 発車中 |
| [B] 19 名鉄バス | 3 | -87 | 9991 | 14:37:13 | 発車中 |
| [B] 20 名鉄バス | 4 | -82 | 4739 | 14:37:13 | 発車中 |
| [B] 21 名鉄バス | 5 | -80 | 6724 | 14:37:14 | 発車中 |
| [B] 22 名鉄バス | 6 | -79 | 4781 | 14:37:14 | 発車中 |
| [B] 23 名鉄バス | 7 | -80 | 6213 | 14:37:14 | 発車中 |
| [B] 24 名鉄バス | 8 | -81 | 7213 | 14:37:14 | 発車中 |
| [B] 25 名鉄バス | 9 | -83 | 7213 | 14:37:14 | 発車中 |
| [T] 26 タクシー | 10 | -80 | 6868 | 14:37:14 | 空車 |
| [T] 27 タクシー | 11 | -82 | 6285 | 14:37:14 | 空車 |
| [T] 28 タクシー | 12 | -101 | 8141 | 14:37:06 | 空車 |
| [T] 29 タクシー | 13 | 0 | 6163 | --- | 空車 |
| [T] 30 名鉄バス | 14 | -83 | 5951 | 14:37:14 | 突車 |

| システム名称 | 状態 | 開始時刻 | 接続時間 | 送信回数 | 受信回数 |
|-----------|----|----------|----------|------|------|
| ミニバスシステム | 接続 | 14:36:43 | 00:00:32 | 3627 | 4 |
| タクシーシステム | 接続 | 13:31:05 | 01:06:11 | 3624 | 4 |
| ゴミ収集車システム | 接続 | 13:31:07 | 01:06:09 | 3622 | 1 |

無線基地局 IP: 106.138.50.6 | 2023/01/31 14:37:16

無線基地局通信モニタ

6.3 3つのアプリケーションモード

(1) バスモードのアプリケーション表示

バスの運行指令台のPC画面（下図の左）に8台のバス走行位置と市内233か所のバス停を地図上に表示。同画面右側には、8つの路線別に通過バス停名とその通過時間、車両番号、動態表示を一覧した。

また、このほかに、バスの運行状況をモニターするため、路線別にバス停通過を表示する総合運行表示版（下図の右）に、リアルタイム表示した。この運行表示は、8路線8台、市内233バス停の通過表示が正確に行われた。

日進市の7路線7台の巡回バスは、定時一斉に市役所前を出発し、名鉄バスの日進中央線については、赤池駅と市役所間の試験ダイヤで、借上げマイクロバスに移動局を搭載して運行させた。

実証試験では、バス停通過発呼は、発呼（通信）の動作確認のため無線機を持った試験員が同乗して手動操作により発呼確認を行い、市内8路線8台の運行状況を総合運行標示盤（下図右）に表示した。





〔表 日進市内の8バス路線 バス停留所一覧表 (233 停) 〕

| 7 | 循環線 | 1 | 赤池線 | 2 | 米野木線 | 3 | 三本木線 | 4 | 梅森線 | 6 | 岩崎線(3,5,7,9) | 5 | 五色園線(往復)各線 | 日進中央線(久手行)各線 | 日進中央線(駿波) |
|----|----------|----|----------|----|----------|----|----------|----|----------|----|--------------|----|------------|--------------|-----------|
| No | バス停名 | No | バス停名 | No | バス停名 | No | バス停名 | No | バス停名 | No | バス停名 | No | バス停名 | No | バス停名 |
| 1 | 市役所 | 1 | 市役所 | 1 | 市役所 | 1 | 市役所 | 1 | 市役所 | 1 | 市役所 | 1 | 市役所 | 1 | 市役所 |
| 2 | 図書館 ↓ | 2 | 図書館 ↓ | 2 | 図書館 ↓ | 2 | 図書館 ↓ | 2 | 図書館 ↓ | 2 | 保健センター東 | 2 | 赤池駅 | 2 | 箕ノ手北 |
| 3 | 浅間下 | 3 | 浅間下 | 3 | 浅間下 | 3 | 浅間下 | 3 | 浅間下 | 3 | 77白山 | 3 | 浅田西 | 3 | 浅田西 |
| 4 | 笠寺山 | 4 | 笠寺山 | 4 | 笠寺山 | 4 | 笠寺山 | 4 | 笠寺山 | 4 | 130御岳口 | 4 | 東部福祉会館 | 4 | 浅田東 |
| 5 | 日進駅 | 5 | 日進駅 | 5 | 日進駅 | 5 | 日進駅 | 5 | 日進駅 | 5 | 134六坊上 | 5 | 宮西 ↓ | 5 | 浅田東 |
| 6 | 折戸 | 6 | 日進駅南 | 6 | 日進駅南 | 6 | 日進駅南 | 6 | 日進駅南 | 6 | 137井天池南 | 6 | 藤島 ↓ | 6 | 浅田西 |
| 7 | おどり病院 | 7 | 南ヶ丘北 | 7 | 南ヶ丘北 | 7 | 南ヶ丘北 | 7 | 南ヶ丘北 | 7 | 138岩根 ← | 7 | 岩藤東 | 7 | 箕ノ手北 |
| 8 | スポーツセンター | 8 | 南ヶ丘南 | 8 | 南ヶ丘南 | 8 | 南ヶ丘南 | 8 | 南ヶ丘南 | 8 | 139岩間 ← | 8 | 七ツ塚 | 8 | 日進市役所 |
| 9 | 市民会館 | 9 | 藤原六丁目 | 9 | 藤原六丁目 | 9 | 藤原六丁目 | 9 | 藤原六丁目 | 9 | 140岩崎台東 | 9 | 夏焼 | 9 | 日進保健センター東 |
| 10 | 市役所東 | 10 | 高松池 | 10 | 高松池 | 10 | 高松池 | 10 | 高松池 | 10 | 141岩崎台 | 10 | 磐合運動公園 | 10 | 赤池駅 |
| 11 | | 11 | 鎌ヶ寿 | 11 | 鎌ヶ寿 | 11 | 鎌ヶ寿 | 11 | 鎌ヶ寿 | 11 | 142岩崎台西 | 11 | 五色園 | 11 | 箕ノ手北 |
| 12 | | 12 | 藤原 | 12 | 藤原 | 12 | 藤原 | 12 | 藤原 | 12 | 143岩崎台南 | 12 | かえて台 | 12 | 岩崎御岳口 |
| 13 | | 13 | 上ノ山 | 13 | 上ノ山 | 13 | 上ノ山 | 13 | 上ノ山 | 13 | 144岩崎台 | 13 | かえて台西 | 13 | 岩崎神門 |
| 14 | | 14 | 磯田区民会館 | 14 | 磯田区民会館 | 14 | 磯田区民会館 | 14 | 磯田区民会館 | 14 | 145石神 (南) | 14 | 北新町 | 14 | 石兼 |
| 15 | | 15 | 箕ノ手北 | 15 | 箕ノ手北 | 15 | 箕ノ手北 | 15 | 箕ノ手北 | 15 | 146香久山中 ↓ | 15 | 慶知学院大東 | 15 | 石兼西 |
| 16 | | 16 | 赤池駅南 | 16 | 赤池駅南 | 16 | 赤池駅南 | 16 | 赤池駅南 | 16 | 147香久山中 ↑ | 16 | 慶知学院大東 | 16 | 岩崎台東 |
| 17 | | 17 | 赤池駅 | 17 | 赤池駅 | 17 | 赤池駅 | 17 | 赤池駅 | 17 | 148戸廻間 → | 17 | 慶知学院大東 | 17 | 岩崎台 |
| 18 | | 18 | 赤池小学校 | 18 | 赤池小学校 | 18 | 赤池小学校 | 18 | 赤池小学校 | 18 | 149岩根 → | 18 | 慶知学院大東 | 18 | 岩崎台北 |
| 19 | | 19 | 赤池西 | 19 | 赤池西 | 19 | 赤池西 | 19 | 赤池西 | 19 | 150北部保育園 | 19 | 慶知学院大東 | 19 | 岩崎台北 |
| 20 | | 20 | 赤池南一丁目 | 20 | 赤池南一丁目 | 20 | 赤池南一丁目 | 20 | 赤池南一丁目 | 20 | 151岩崎台 | 20 | 慶知学院大東 | 20 | 岩崎台北 |
| 21 | | 21 | 箕ノ手西 | 21 | 箕ノ手西 | 21 | 箕ノ手西 | 21 | 箕ノ手西 | 21 | 152岩崎台 | 21 | 慶知学院大東 | 21 | 岩崎台北 |
| 22 | | 22 | 箕ノ手中央 | 22 | 箕ノ手中央 | 22 | 箕ノ手中央 | 22 | 箕ノ手中央 | 22 | 153岩崎台 | 22 | 慶知学院大東 | 22 | 岩崎台北 |
| 23 | | 23 | 箕ノ手東 | 23 | 箕ノ手東 | 23 | 箕ノ手東 | 23 | 箕ノ手東 | 23 | 154岩崎台 | 23 | 慶知学院大東 | 23 | 岩崎台北 |
| 24 | | 24 | 平子南 | 24 | 平子南 | 24 | 平子南 | 24 | 平子南 | 24 | 155岩崎台 | 24 | 慶知学院大東 | 24 | 岩崎台北 |
| 25 | | 25 | 日進西高校 | 25 | 日進西高校 | 25 | 日進西高校 | 25 | 日進西高校 | 25 | 156岩崎台 | 25 | 慶知学院大東 | 25 | 岩崎台北 |
| 26 | | 26 | おどり病院 | 26 | おどり病院 | 26 | おどり病院 | 26 | おどり病院 | 26 | 157岩崎台 | 26 | 慶知学院大東 | 26 | 岩崎台北 |
| 27 | | 27 | スポーツセンター | 27 | スポーツセンター | 27 | スポーツセンター | 27 | スポーツセンター | 27 | 158岩崎台 | 27 | 慶知学院大東 | 27 | 岩崎台北 |
| 28 | | 28 | 市役所東 | 28 | 市役所東 | 28 | 市役所東 | 28 | 市役所東 | 28 | 159岩崎台 | 28 | 慶知学院大東 | 28 | 岩崎台北 |
| 29 | | 29 | 市役所 | 29 | 市役所 | 29 | 市役所 | 29 | 市役所 | 29 | 160岩崎台 | 29 | 慶知学院大東 | 29 | 岩崎台北 |
| 30 | | 30 | 市役所 | 30 | 市役所 | 30 | 市役所 | 30 | 市役所 | 30 | 161岩崎台 | 30 | 慶知学院大東 | 30 | 岩崎台北 |
| 31 | | 31 | 市役所 | 31 | 市役所 | 31 | 市役所 | 31 | 市役所 | 31 | 162岩崎台 | 31 | 慶知学院大東 | 31 | 岩崎台北 |
| 32 | | 32 | 市役所 | 32 | 市役所 | 32 | 市役所 | 32 | 市役所 | 32 | 163岩崎台 | 32 | 慶知学院大東 | 32 | 岩崎台北 |
| 33 | | 33 | 市役所 | 33 | 市役所 | 33 | 市役所 | 33 | 市役所 | 33 | 164岩崎台 | 33 | 慶知学院大東 | 33 | 岩崎台北 |
| 34 | | 34 | 市役所 | 34 | 市役所 | 34 | 市役所 | 34 | 市役所 | 34 | 165岩崎台 | 34 | 慶知学院大東 | 34 | 岩崎台北 |
| 35 | | 35 | 市役所 | 35 | 市役所 | 35 | 市役所 | 35 | 市役所 | 35 | 166岩崎台 | 35 | 慶知学院大東 | 35 | 岩崎台北 |
| 36 | | 36 | 市役所 | 36 | 市役所 | 36 | 市役所 | 36 | 市役所 | 36 | 167岩崎台 | 36 | 慶知学院大東 | 36 | 岩崎台北 |
| 37 | | 37 | 市役所 | 37 | 市役所 | 37 | 市役所 | 37 | 市役所 | 37 | 168岩崎台 | 37 | 慶知学院大東 | 37 | 岩崎台北 |
| 38 | | 38 | 市役所 | 38 | 市役所 | 38 | 市役所 | 38 | 市役所 | 38 | 169岩崎台 | 38 | 慶知学院大東 | 38 | 岩崎台北 |
| 39 | | 39 | 市役所 | 39 | 市役所 | 39 | 市役所 | 39 | 市役所 | 39 | 170岩崎台 | 39 | 慶知学院大東 | 39 | 岩崎台北 |
| 40 | | 40 | 市役所 | 40 | 市役所 | 40 | 市役所 | 40 | 市役所 | 40 | 171岩崎台 | 40 | 慶知学院大東 | 40 | 岩崎台北 |
| 41 | | 41 | 市役所 | 41 | 市役所 | 41 | 市役所 | 41 | 市役所 | 41 | 172岩崎台 | 41 | 慶知学院大東 | 41 | 岩崎台北 |
| 42 | | 42 | 市役所 | 42 | 市役所 | 42 | 市役所 | 42 | 市役所 | 42 | 173岩崎台 | 42 | 慶知学院大東 | 42 | 岩崎台北 |
| 43 | | 43 | 市役所 | 43 | 市役所 | 43 | 市役所 | 43 | 市役所 | 43 | 174岩崎台 | 43 | 慶知学院大東 | 43 | 岩崎台北 |
| 44 | | 44 | 市役所 | 44 | 市役所 | 44 | 市役所 | 44 | 市役所 | 44 | 175岩崎台 | 44 | 慶知学院大東 | 44 | 岩崎台北 |
| 45 | | 45 | 市役所 | 45 | 市役所 | 45 | 市役所 | 45 | 市役所 | 45 | 176岩崎台 | 45 | 慶知学院大東 | 45 | 岩崎台北 |
| 46 | | 46 | 市役所 | 46 | 市役所 | 46 | 市役所 | 46 | 市役所 | 46 | 177岩崎台 | 46 | 慶知学院大東 | 46 | 岩崎台北 |
| 47 | | 47 | 市役所 | 47 | 市役所 | 47 | 市役所 | 47 | 市役所 | 47 | 178岩崎台 | 47 | 慶知学院大東 | 47 | 岩崎台北 |
| 48 | | 48 | 市役所 | 48 | 市役所 | 48 | 市役所 | 48 | 市役所 | 48 | 179岩崎台 | 48 | 慶知学院大東 | 48 | 岩崎台北 |
| 49 | | 49 | 市役所 | 49 | 市役所 | 49 | 市役所 | 49 | 市役所 | 49 | 180岩崎台 | 49 | 慶知学院大東 | 49 | 岩崎台北 |
| 50 | | 50 | 市役所 | 50 | 市役所 | 50 | 市役所 | 50 | 市役所 | 50 | 181岩崎台 | 50 | 慶知学院大東 | 50 | 岩崎台北 |
| 51 | | 51 | 市役所 | 51 | 市役所 | 51 | 市役所 | 51 | 市役所 | 51 | 182岩崎台 | 51 | 慶知学院大東 | 51 | 岩崎台北 |
| 52 | | 52 | 市役所 | 52 | 市役所 | 52 | 市役所 | 52 | 市役所 | 52 | 183岩崎台 | 52 | 慶知学院大東 | 52 | 岩崎台北 |
| 53 | | 53 | 市役所 | 53 | 市役所 | 53 | 市役所 | 53 | 市役所 | 53 | 184岩崎台 | 53 | 慶知学院大東 | 53 | 岩崎台北 |
| 54 | | 54 | 市役所 | 54 | 市役所 | 54 | 市役所 | 54 | 市役所 | 54 | 185岩崎台 | 54 | 慶知学院大東 | 54 | 岩崎台北 |
| 55 | | 55 | 市役所 | 55 | 市役所 | 55 | 市役所 | 55 | 市役所 | 55 | 186岩崎台 | 55 | 慶知学院大東 | 55 | 岩崎台北 |
| 56 | | 56 | 市役所 | 56 | 市役所 | 56 | 市役所 | 56 | 市役所 | 56 | 187岩崎台 | 56 | 慶知学院大東 | 56 | 岩崎台北 |
| 57 | | 57 | 市役所 | 57 | 市役所 | 57 | 市役所 | 57 | 市役所 | 57 | 188岩崎台 | 57 | 慶知学院大東 | 57 | 岩崎台北 |
| 58 | | 58 | 市役所 | 58 | 市役所 | 58 | 市役所 | 58 | 市役所 | 58 | 189岩崎台 | 58 | 慶知学院大東 | 58 | 岩崎台北 |
| 59 | | 59 | 市役所 | 59 | 市役所 | 59 | 市役所 | 59 | 市役所 | 59 | 190岩崎台 | 59 | 慶知学院大東 | 59 | 岩崎台北 |
| 60 | | 60 | 市役所 | 60 | 市役所 | 60 | 市役所 | 60 | 市役所 | 60 | 191岩崎台 | 60 | 慶知学院大東 | 60 | 岩崎台北 |
| 61 | | 61 | 市役所 | 61 | 市役所 | 61 | 市役所 | 61 | 市役所 | 61 | 192岩崎台 | 61 | 慶知学院大東 | 61 | 岩崎台北 |
| 62 | | 62 | 市役所 | 62 | 市役所 | 62 | 市役所 | 62 | 市役所 | 62 | 193岩崎台 | 62 | 慶知学院大東 | 62 | 岩崎台北 |
| 63 | | 63 | 市役所 | 63 | 市役所 | 63 | 市役所 | 63 | 市役所 | 63 | 194岩崎台 | 63 | 慶知学院大東 | 63 | 岩崎台北 |
| 64 | | 64 | 市役所 | 64 | 市役所 | 64 | 市役所 | 64 | 市役所 | 64 | 195岩崎台 | 64 | 慶知学院大東 | 64 | 岩崎台北 |
| 65 | | 65 | 市役所 | 65 | 市役所 | 65 | 市役所 | 65 | 市役所 | 65 | 196岩崎台 | 65 | 慶知学院大東 | 65 | 岩崎台北 |
| 66 | | 66 | 市役所 | 66 | 市役所 | 66 | 市役所 | 66 | 市役所 | 66 | 197岩崎台 | 66 | 慶知学院大東 | 66 | 岩崎台北 |
| 67 | | 67 | 市役所 | 67 | 市役所 | 67 | 市役所 | 67 | 市役所 | 67 | 198岩崎台 | 67 | 慶知学院大東 | 67 | 岩崎台北 |
| 68 | | 68 | 市役所 | 68 | 市役所 | 68 | 市役所 | 68 | 市役所 | 68 | 199岩崎台 | 68 | 慶知学院大東 | 68 | 岩崎台北 |
| 69 | | 69 | 市役所 | 69 | 市役所 | 69 | 市役所 | 69 | 市役所 | 69 | 200岩崎台 | 69 | 慶知学院大東 | 69 | 岩崎台北 |
| 70 | | 70 | 市役所 | 70 | 市役所 | 70 | 市役所 | 70 | 市役所 | 70 | 201岩崎台 | 70 | 慶知学院大東 | 70 | 岩崎台北 |
| 71 | | 71 | 市役所 | 71 | 市役所 | 71 | 市役所 | 71 | 市役所 | 71 | 202岩崎台 | 71 | 慶知学院大東 | 71 | 岩崎台北 |
| 72 | | 72 | 市役所 | 72 | 市役所 | 72 | 市役所 | 72 | 市役所 | 72 | 203岩崎台 | 72 | 慶知学院大東 | 72 | 岩崎台北 |
| 73 | | 73 | 市役所 | 73 | 市役所 | 73 | 市役所 | 73 | 市役所 | 73 | 204岩崎台 | 73 | 慶知学院大東 | 73 | 岩崎台北 |
| 74 | | 74 | 市役所 | 74 | 市役所 | 74 | 市役所 | 74 | 市役所 | 74 | 205岩崎台 | 74 | 慶知学院大東 | 74 | 岩崎台北 |
| 75 | | 75 | 市役所 | 75 | 市役所 | 75 | 市役所 | 75 | 市役所 | 75 | 206岩崎台 | 75 | 慶知学院大東 | 75 | 岩崎台北 |
| 76 | | 76 | 市役所 | 76 | 市役所 | 76 | 市役所 | 76 | 市役所 | 76 | 207岩崎台 | 76 | 慶知学院大東 | 76 | 岩崎台北 |
| 77 | | 77 | 市役所 | 77 | 市役所 | 77 | 市役所 | 77 | 市役所 | 77 | 208岩崎台 | 77 | 慶知学院大東 | 77 | 岩崎台北 |
| 78 | | 78 | 市役所 | 78 | 市役所 | 78 | 市役所 | 78 | 市役所 | 78 | 209岩崎台 | 78 | 慶知学院大東 | 78 | 岩崎台北 |
| 79 | | 79 | 市役所 | 79 | 市役所 | 79 | 市役所 | 79 | 市役所 | 79 | 210岩崎台 | 79 | 慶知学院大東 | 79 | 岩崎台北 |
| 80 | | 80 | 市役所 | 80 | 市役所 | 80 | 市役所 | 80 | 市役所 | 80 | 211岩崎台 | 80 | 慶知学院大東 | 80 | 岩崎台北 |
| 81 | | 81 | 市役所 | 81 | 市役所 | 81 | 市役所 | 81 | 市役所 | 81 | 212 | | | | |

(2) タクシー配車のアプリケーション表示

第3章で述べたように、タクシーの配車業務の流れに合わせて、待機⇒実車⇒支払⇒空車⇒(休憩)⇒迎車などのステータス切替の通信が正確に行われた。

また、送迎(先行)のメッセージ指示の伝達確認も正確に行われた。

The screenshot shows a taxi dispatch application interface. On the left is a map of Niigata City with various taxi icons. On the right is a status list table. The table has columns for taxi ID, status, and location. The status list is as follows:

| タクシー番号 | ステータス | 備考 |
|------------------|-------|----------------------|
| 26 タクシー①(日進駅) | 実車 | 市内102本郷(以降)から170m |
| 27 タクシー②(赤池駅) | 実車 | 176赤池駅(以降)付近 |
| 28 タクシー③(米野木駅) | 空車 | 161市民会館(以降)付近 |
| 29 タクシー予備 | 空車 | 161市民会館(以降)付近 |
| 30 名鉄タクシー(赤池駅往復) | 実車 | 043つねみわファミリークリニック 付近 |

Below the table is a section for sending messages to all vehicles, with a count of 34.

This screenshot shows the same taxi dispatch application interface at a later time. The status list table is updated as follows:

| タクシー番号 | ステータス | 備考 |
|------------------|-------|---------------|
| 26 タクシー①(日進駅) | 実車 | 77白山(以降)付近 |
| 27 タクシー②(赤池駅) | 実車 | 98赤池駅北(以降)付近 |
| 28 タクシー③(米野木駅) | 空車 | 161市民会館(以降)付近 |
| 29 タクシー予備 | 空車 | 161市民会館(以降)付近 |
| 30 名鉄タクシー(赤池駅往復) | 実車 | 171野方(以降)付近 |

Below the table is a section for sending messages to all vehicles, with a count of 35.

自動画面キャプチャ

基地局接続: 2023/02/01 14:20:00

| | |
|------------------|----|
| 26 タクシー①(日進駅) | 実車 |
| 市内 77白山バス停から184m | |
| 27 タクシー②(赤池駅) | 実車 |
| 98赤池駅北バス停 付近 | |
| 28 タクシー③(米野木駅) | 空車 |
| 161市民会館バス停 付近 | |
| 29 タクシー予備 | 空車 |
| 161市民会館バス停 付近 | |
| 30 名鉄タクシー(赤池駅往復) | 実車 |
| 173湊田バス停 付近 | |

全車両宛一斉送信

| 送信先コード名 | 時刻 | メッセージ |
|---------|----|-------|
| | | 36 |

自動画面キャプチャ

基地局接続: 2023/02/01 14:21:00

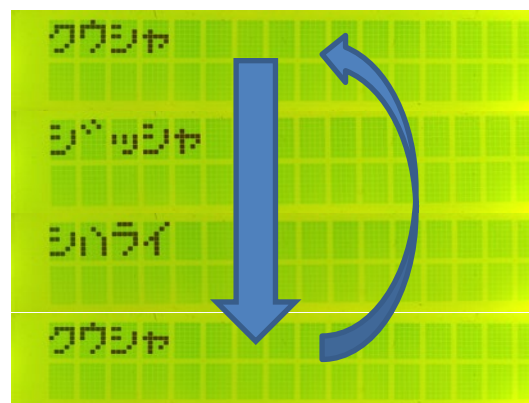
| | |
|----------------------------|----|
| 26 タクシー①(日進駅) | 実車 |
| 112マナブ歯科 付近 | |
| 27 タクシー②(赤池駅) | 実車 |
| 市内 168カアプラセンター アリム日蓮から166m | |
| 28 タクシー③(米野木駅) | 空車 |
| 161市民会館バス停 付近 | |
| 29 タクシー予備 | 空車 |
| 161市民会館バス停 付近 | |
| 30 名鉄タクシー(赤池駅往復) | 実車 |
| 200湊田交番 付近 | |

全車両宛一斉送信

| 送信先コード名 | 時刻 | メッセージ |
|---------|----|-------|
| | | 37 |

移動局を乗せたタクシーは、市内の3つの駅を待機拠点として乗客を乗せ、「空車」から「実車」に、送り先に着いたところで「支払」に切替え、「空車」に状態切替を行う。

また、指令台からの送迎等の指令台からの「休憩」への切替を行った。



(3) ゴミ収集車の収集作業進捗モニター

ゴミ収集アプリケーション 1 市内1600集積所の収集作業モニター



2月1日(水)プラごみ拠点収集・パッカー車に移動局無人搭載

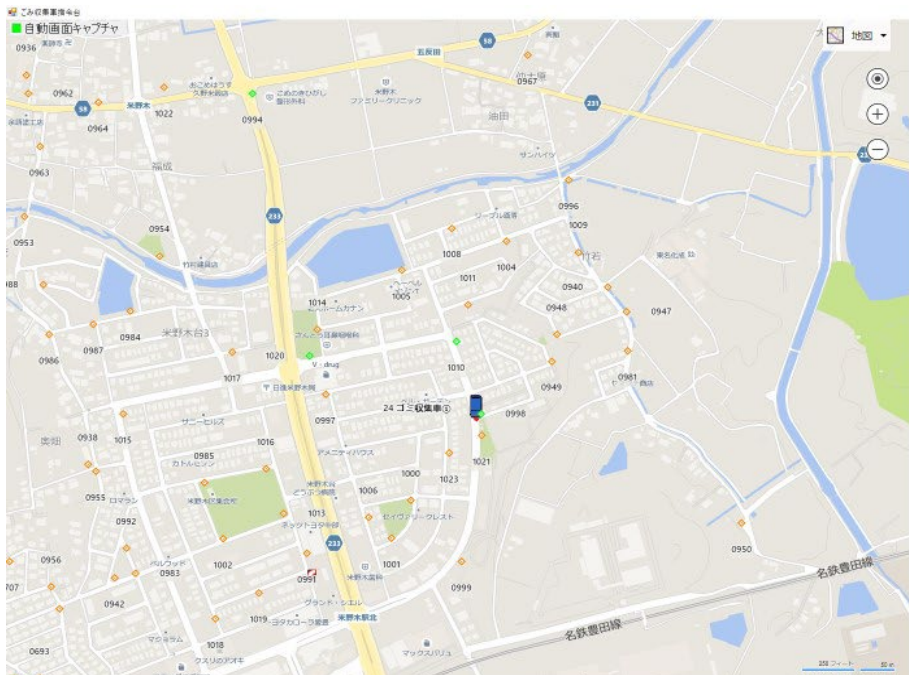
収集作業(集積所)を自動検知し、地図上に作業完了を表示



日進市内には、1600 か所のごみ集積所(ゴミステーション)があり、回収するゴミの種別、地区・曜日を決め拠点回収方式がとられている。試験当日(水曜日)は、市内全域でのプラごみ回収日に当たり、2台のパッカー車(収集車)に移動局2局を搭載し、試験操作員は、同乗せずに無人稼働させた。

そのため、収集検知は、1600カ所に置かれている個々の集積所(ゴミネット)に10m以内に接近し、数秒停止接近であれば、収集検知と自動判定し、画面上の仕組みと、画面上のオレンジ色の集積所マークを緑色に変色表示させた。

| 全車両宛一斉送信 | | |
|----------|----|-------|
| 送信先ユニット名 | 時刻 | メッセージ |
| | | |
| | | |

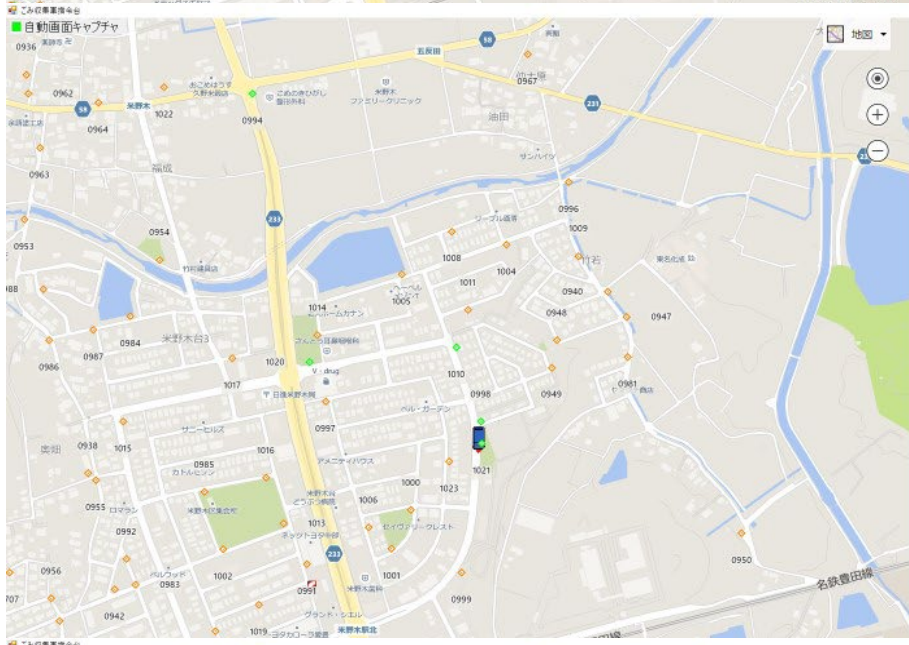


基地局接続: ■ 2023/01/31 14:21:34

| | |
|------------------|-----------------------|
| 24 ゴミ収集車① | 収集中 |
| 0994回収 | 回収時刻 14:19:22 総回収箇所 1 |
| 25 ゴミ収集車② | 収集中 |
| 0998回収 | 回収時刻 14:21:34 総回収箇所 3 |

全車両宛一斉送信

| 送信先ユニット名 | 時刻 | メッセージ |
|----------|----|-------|
| | | 46 |

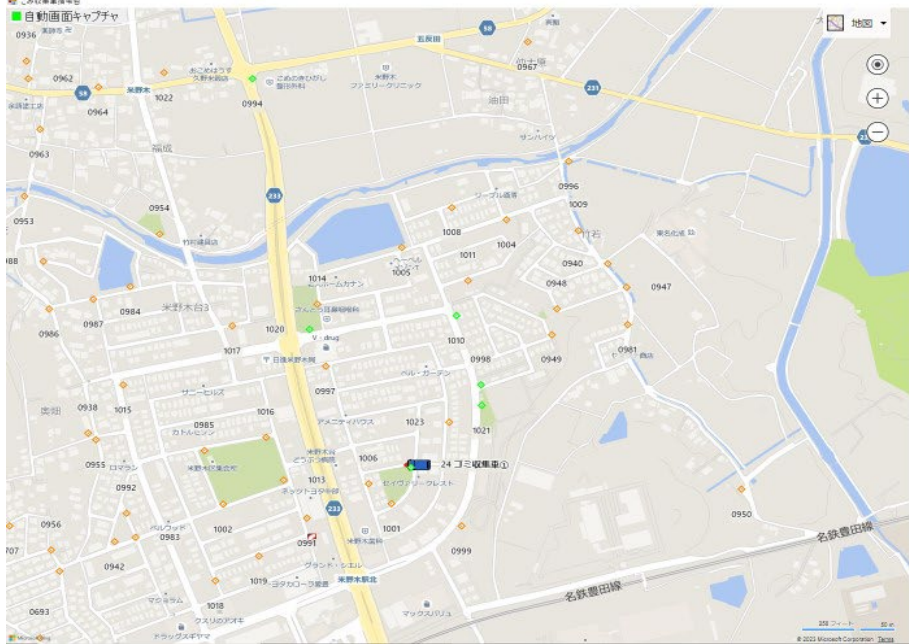


基地局接続: ■ 2023/01/31 14:21:52

| | |
|------------------|-----------------------|
| 24 ゴミ収集車① | 収集中 |
| 1021回収 | 回収時刻 14:21:52 総回収箇所 2 |
| 25 ゴミ収集車② | 収集中 |
| 0998回収 | 回収時刻 14:21:34 総回収箇所 3 |

全車両宛一斉送信

| 送信先ユニット名 | 時刻 | メッセージ |
|----------|----|-------|
| | | 46 |

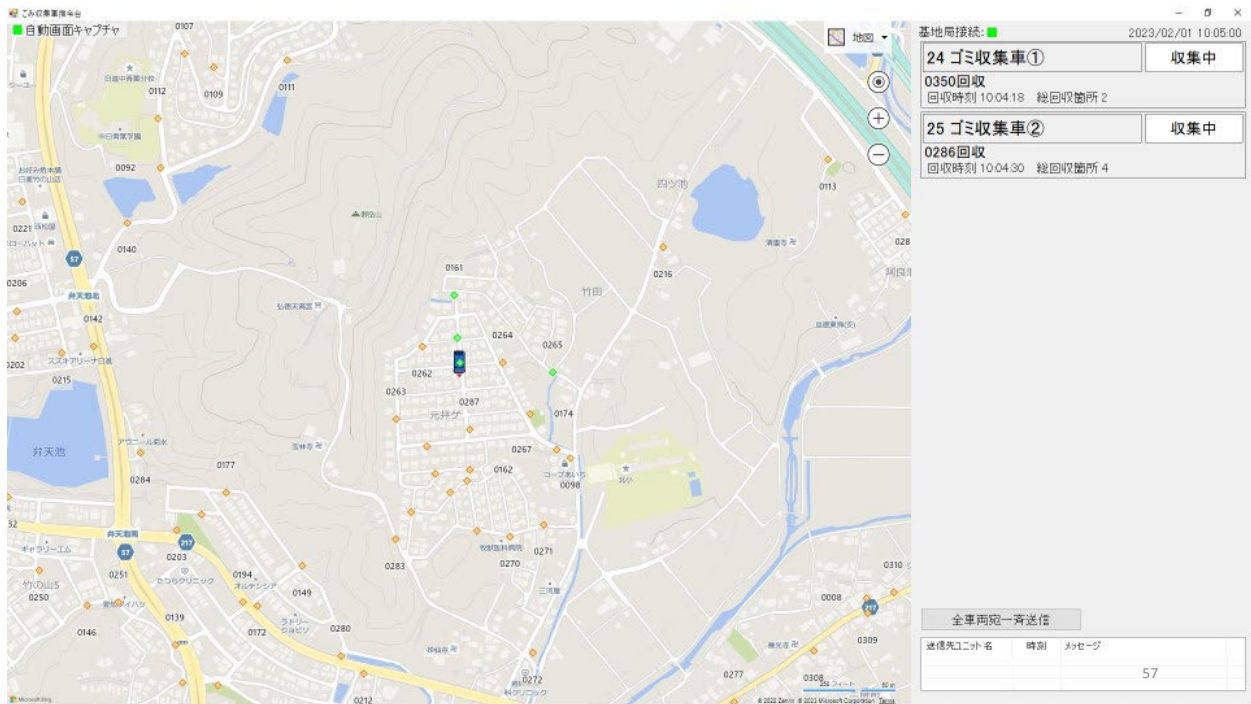
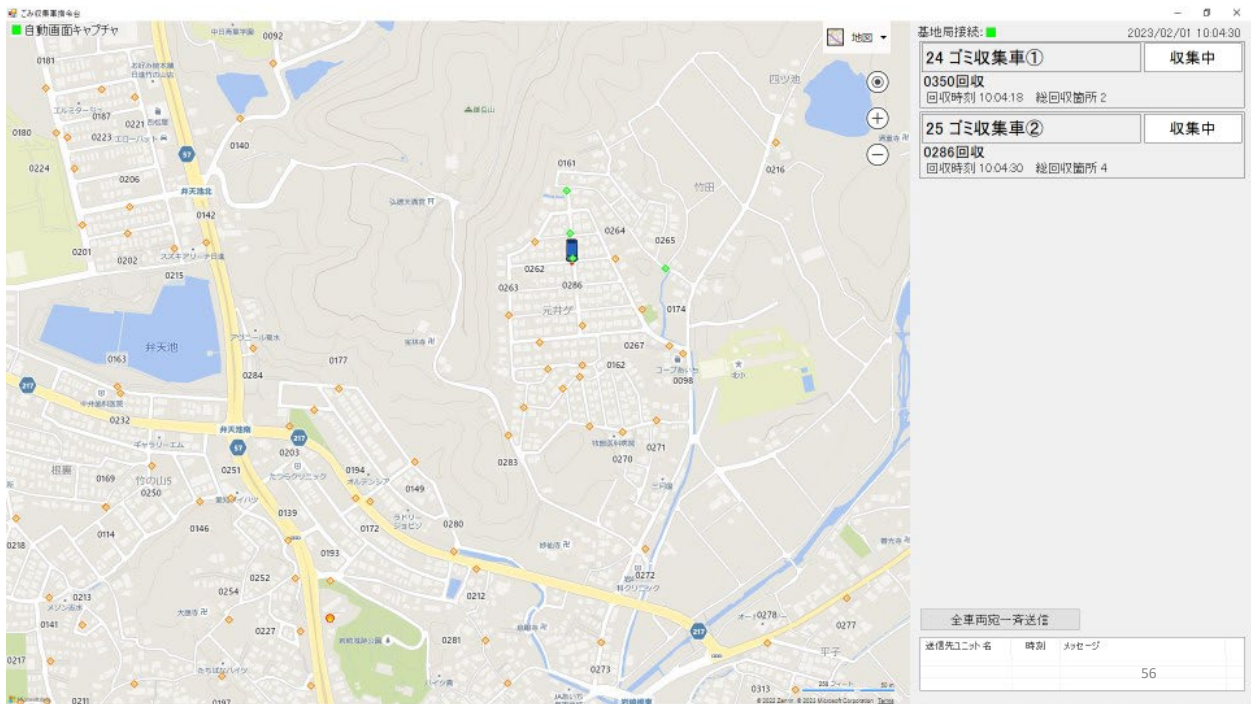


基地局接続: ■ 2023/01/31 14:22:50

| | |
|------------------|-----------------------|
| 24 ゴミ収集車① | 収集中 |
| 1000回収 | 回収時刻 14:22:50 総回収箇所 3 |
| 25 ゴミ収集車② | 収集中 |
| 0998回収 | 回収時刻 14:21:34 総回収箇所 3 |

全車両宛一斉送信

| 送信先ユニット名 | 時刻 | メッセージ |
|----------|----|-------|
| | | 48 |



(3) 無線回線上の伝送信号の共通利用

このように例えば、バスアプリでのバス停通過（検知）信号は、ゴミ収集車では、収集検知として多目的な共通信号として使い無線回線を伝送させ、無線伝送情報を共有させることに成功（実証）した。また、バスの出発（終着）発呼の信号は、ゴミ収集車の収集開始（出発）、収集後の焼却所への出発発呼として使われ、タクシー配車では乗車、支払、下車（空車）発呼として使われる。

このように、一つの短い信号を多目的、多用途に共通利用することで、無線回線の信号伝送量を抑え、周波数の有効利用を実現させている。

さまざまな地域事業のDX化が期待され、車両をはじめとする移動体を活用する業務の途切れの無い通信と広い地域をカバーする経済的なIoT無線システムが期待される。

6. 4 社会実証試験結果の評価

6.4.1 社会実証試験の評価

公開社会実証試験終了後、第3回調査検討会が開かれ、構成委員から以下に示す実証試験の評価、講評がなされた。これらを含む社会実証試験の評価のとりまとめは、第7章「提言」で行うこととする。

(石原委員)

アプリケーションとしては良くまとまっている。やろうとしていることは良く分かった。今回はトラフィックがそれ程多くないという前提で取りまとめ、その形の中では良く出来ている。1つの共用周波数のシステムの中で、提供可能なことが報道の方々にお伝え出来たと思う。一方、実用化しようとした時は、通信路の輻輳の問題が避けられないという点がある。必ず後から出てくる問題なので、そこを十分ケアする必要がある。

(高部委員)

デモンストレーションは大変分かり易かった。それぞれ3つのアプリケーションが、それぞれ有効性を持って実証されている。今後、自治体等で利用していけば良いと思う。中小事業者のDX化を具体化していく場合、どのようにしたらいいか、サーバを設置するような大掛かりなシステムに取り込んでいくよりも、共同利用型で、パソコンが1台か2台あれば出来るDXもあるということを示された。

(小池委員)

大変興味深く、公開試験を拝見した。システム中央装置をすべてのタイプで使用するということや、セルが大きいので収容局数が減ってしまう問題もある。最近、IoTでアストロキャストルとか、衛星を使用してLバンドで、スピードは遅いが広域をカバーするサービスが始まった。評価する場合は、そうした点を加味して進めていただければと思う。

(佐藤委員)

試験は大変興味深く拝見した。3つの業種が、地図上にランドマーク、集積場所、バス停プロットされていたが、ごみ収集の場合は、数が多くて通信の量としてはならせない。かなり細かく取らなければいけないのかと拝見した。システムごとの使用するデータ量、電波の占有量をどのようにコントロール、公平に分配するのか、今後の課題となるのではと感じた。

(伊藤委員)

3つのアプリケーションを分かりやすく表現できたと思う。今後、この成果をどのように生かしていくか。これを事例としながら、無線設備だけでなくアプリケーションも使用して一式として見ていただければと思った。ソフトウェアの開発は、一般的には難しくはないと思うが、導入するインターフェース、どのような機能で、どのような動きをするか、必要になってくる、当然、見積もりを立ててやっていかなければならない。

ソフトウェアを一体としたものとして示していけばいいのかと思う。本事例は、なかなか良いものなので、どんどん示していけばいいと思う。

(鈴木副主査)

当初から目的を伺って、計画どおり、バス、ごみ収集、タクシーと異なるアプリケーションを同時に動くということを実証されている点では、一つクリアしている。アプリ系は、非常に分かりやすく、デモンストレーションされていた。すでに、ほかの委員からお話があったが、この技術の特徴としては、大ゾーンである、それを共用することが特徴である。多数の移動局が入ってきた時、アプリケーションとして、サービスとして提供が出来るのか、課題になると思う。今後は、移動局の数を、難しいと思うが、増やしていくとか、現実には中小規模の企業、地方自治体の導入を想定した実フィールドの検証が必要であると考え。それをやることによって、実際に、この技術が実用に耐えうるものを示していくことが必要と思えた。

(阪田主査)

今後の展開としては、都市、郊外、適用する場所のいろいろな条件によって、それに応じたカスタマイズに持っていくことが課題であると思う。例えば、電波塔（基地局）がしかるべきところに設置できているか。本実験では1/10秒をタイムスロットとして30で回している。適応する場所によって、上り、下りがあるので20数端末で終わってしまう。地域によっては3秒でなくてもいいから、もっと台数を入れてほしいとか、逆に3秒にしておいて時間を短くする、1/10秒、30というパラメータをソフトウェアでカスタマイズ出来ればいいと思った。

(令和5年2月1日 第3回調査検討会より)

第7章 提 言

7. 1 地域自営 IoT 無線の社会的役割

経済活動と社会生活は、2008年のリーマンショックを皮切りに、それまでの大量生産・大量消費の経済成長と人口増加傾向から、需要消費の落ち止まりとエコで無駄のない社会経済と生活をめざす方向へと転換した。情報通信分野においても効率化をめざし、ブロードバンド化とクラウドコンピューティングなどの高速処理技術を利用した高度化の取組みを続けながらも、生産消費と効率的なICT活用を続けてきた。また2020年に入り、新型コロナウイルスの世界拡大による経済打撃と少子高齢化による人口減少へと変わり、ニューノーマル社会に対応した社会経済のDXが求められている。

地域自営 IoT 無線システムは、LoRa®通信技術により優れた信号検出能力を持ち、長距離見通内通信やビル陰等への通信にも高い通信信頼性を発揮するデジタル移動通信である。これを大ゾーン基地局や山上基地局に適用して、伝送量と通信頻度の少ない地域ユーザーの移動無線として、導入を促し、経済的にも、その利用効果を発揮できる業務用 IoT 移動無線システムとして期待されている。また、基地局、無線回線、サーバ等の通信インフラを地域で共同利用することは、ユーザーの便利・経済性を図るだけでなく、多数の電波ユーザーに共用割当てる周波数割当方式として地域周波数の有効利用を抜本的に改革する無線局免許制度を求めるものでもある。

特に、地域自営 IoT 無線システムは、地域の交通、運送、点検・集配回収あるいは生活支援や教育など、車両を使った様々な地域事業において、新たな ICT の活用のみならず、地域の移動体デジタル基盤を相互活用して、地域事業のDX化を効果的に、かつ経済的に進めることを可能とするものである。あわせて複数の通信アプリケーション（無線通信機能）を一つのIoT無線システムに統合した地域共同利用型の業務用IoT移動無線システムとしての成果を十分に発揮することが期待される。



7. 2 地域自営 IoT 無線の目的

移動体通信はデジタル化により、従来の音声による移動先との連絡手段から、移動先の動態モニター、作業管理に必要な情報を常に把握し、データ伝送することにより地域 DX に寄与する。

本地域自営 IoT 無線システムは、車両の動態データや点検データの収集・分析・活用によって車両を含むモノや環境などの状態をモニターし、車両の作業進捗、稼働管理など、地域業務の遂行を支援するものである。このことは地域社会が抱える少子高齢化、地域交通と移動支援の円滑化、生産販売の活性化、安全安心の確保、環境保全等の地域課題の解決手段ともなるものである。

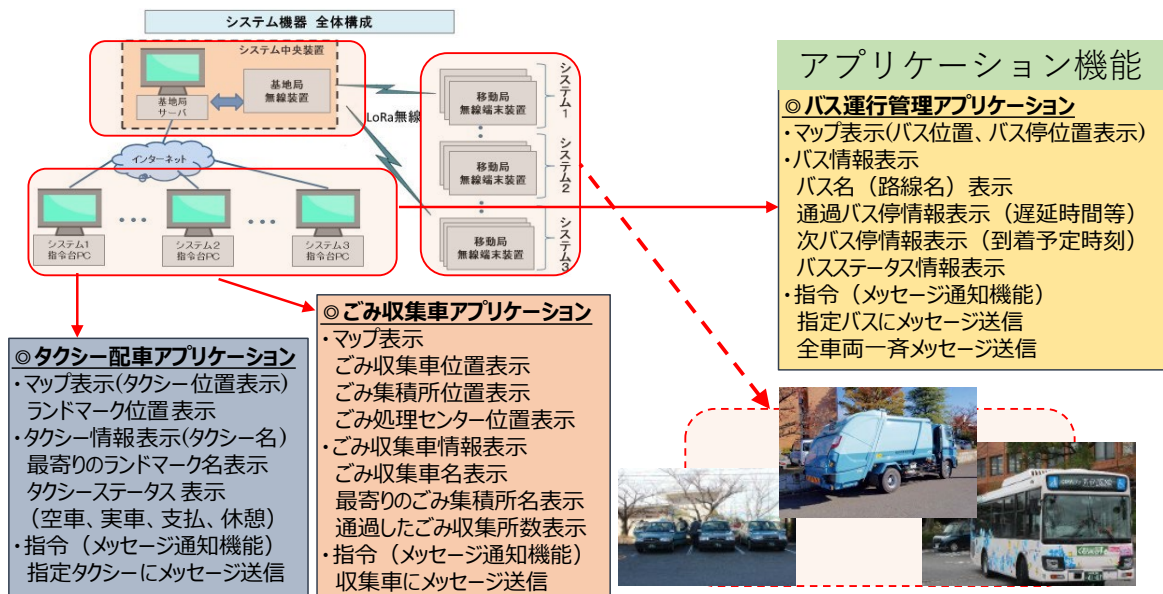
一方で数多くのセンサーや端末を構成する IoT 無線システムには、5G や LPWA といった高速通信やクラウドコンピューティングを使った高速大容量の IoT システムの採用が考えられるが、高いデジタル投資とランニングコストの面から、車両数や通信頻度のわずかな地域事業者には、手の出ない DX 策と言われている。

本地域自営 IoT 無線システムは、無線回線のデータ伝送量や通信頻度が少ない地域事業者に地域共同利用型の IoT 通信インフラを提供し、各ユーザーシステムが相互に干渉せず、それぞれ独立した無線通信機能を用いることができる。

従って、本地域自営 IoT 無線システムは、大都市部や大量の通信伝送、頻繁に通信を繰り返すような高トラフィックに対応できるものではなく、郊外や地方部の比較的通信頻度が低いアプリケーションを統合収容して、その同時運用が可能となることを第 1 の目的とした。

1. 大ゾーンの基地局・通信インフラを地域共同利用し、広範な通信エリアと信頼性の高いデジタル通信を確保
2. 端末コストが安く、基地局の共同利用のため導入費用を抑え経済的な運用コストを実現 ⇒ 地域事業の継続維持に寄与
3. 車両数や通信頻度が少ない小容量データ移動通信に最適、確実な IoT 通信を確保
4. 地域共同利用のため地域内データ基盤の相互利用が可能 ⇒ 地域 DX 化を推進

社会実証試験システム機能



7. 3 社会実証試験の成果

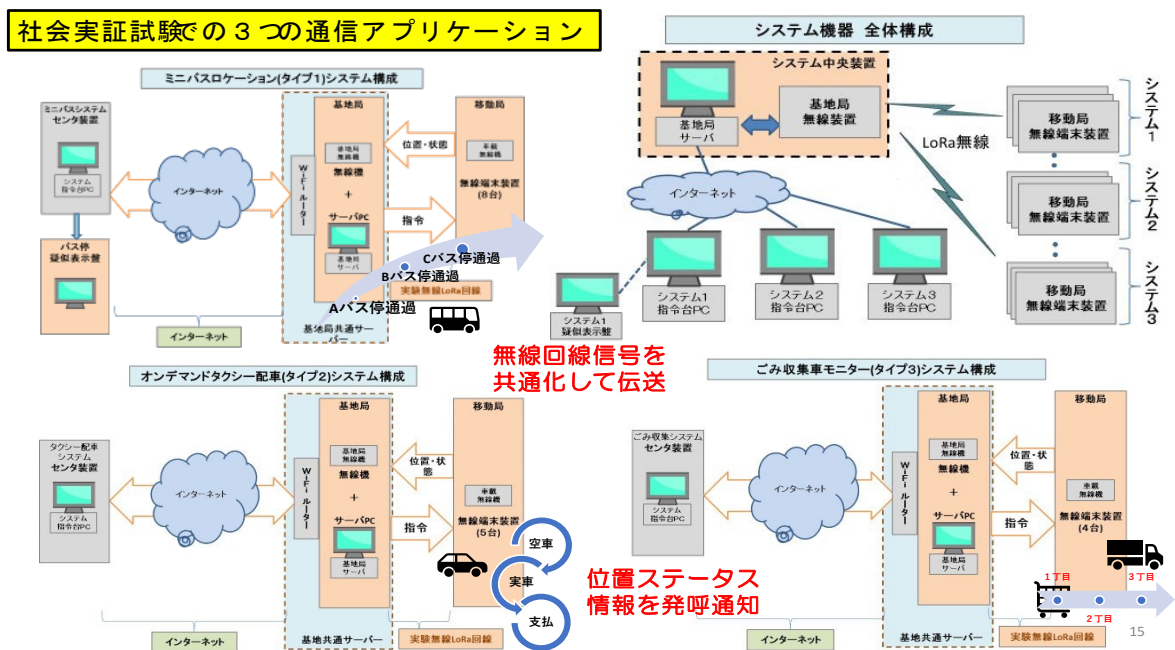
社会実証に向けた技術試験においては、地域共同無線基地局を設営し、クラウドサーバーは用いずに、基地局サーバ、指令台のソフトウェアは、すべて汎用 PC 上に、それぞれ独自のソフトウェアを実装して技術検証を行った。過大な無線伝送量を抑え、各ユーザーが相互に干渉しない独立性を保って運用することで、自営無線の特徴のひとつである無線局等の通信・運用コストを抑え、地域ユーザー共用による周波数の有効利用を追求した IoT 移動通信システムである。

また、こうした所有移動局数が少ない地域事業者の車両の移動範囲は、ほとんど当該地域周辺までに限られることから、同一地域のできるだけ多くのユーザーに、本地域自営 IoT 無線システムへの共同利用を図り、経済的な IoT 通信及び周波数の有効利用を高めることを目的としている。

そのため、基地局は同一地域のユーザーを収容できる大ゾーン基地局の共同利用方式を採用し、本地域自営 IoT 無線システムは、地域内ユーザーを1つの電波（周波数）に共同収容させることで、これまでのユーザー単位の周波数割当ではなく、地域単位での周波数割当方式による電波の有効利用を高め、それぞれの地域ユーザーに経済的な IoT 化、DX 化が実現できるようにするものである。

一方で、アプリケーションの独立性と安定性の確保に細心の配慮が求められた。IoT 通信の輻輳を避けるためにも収容局数や高トラフィック対応に、実用化に合わせた今後の検証が必要である。

本地域自営 IoT 無線システムは、地域 DX 化の実現と周波数の有効利用をはじめとする、そうした社会的役割と地域課題の経済的な解決策として、自治体をはじめすべての地域事業者が参画しての地域社会の DX を支援するものである。



7. 4 無線システムの評価

本地域自営 IoT 無線システムの評価については、その実証試験の技術的評価（第4章）と社会実証試験の評価（第6章）で概ねなされているが、ここでは、システム導入に伴う経済性の評価と普及拡大に必要な汎用性の評価を改めて記述する。

(1) 運用コスト試算

これまでの技術試験実証で、移動機の製作コスト費については、「量産しなくても1台3~4万円程度で仕上げる事が可能」と試算されている。これを基に、設備更新を5年毎として、法定手数料、通信サービス料金等を勘案して、5年間(60ヶ月)の毎月の運用コスト（基本提供料金）を下表のとおり試算した。勿論、これにシステムの規模に応じた無線機の製作工賃と各通信アプリケーション構築費用が加わる。いずれにせよ、毎月の運用コスト（通信サービス料金）は、移動局1台当たり千数百円以内での提供が可能になるとみられる。

また、同様の共同無線及びIoTサービスの提供料金等についての調査結果を添付（資料2）し、このIoT共同無線が、音声通信を伴わないモバイルIoT無線としても経済的な無線システムであると評価できる。

[基本サービス料金の試算]

| 移動局費用項目 | 内 訳 | | 単 価 | 5年間費用 | 備 考 |
|----------|----------------|----------|--------|--------|--------|
| 移動無線機材費 | 製作機材費 | 5年毎更新算出 | 38,500 | 導入時のみ | 工賃含まず |
| 免許申請手数料 | 免許申請 | 5W以下移動局 | 4,250 | 44,250 | |
| 法定手数料 | 電波利用料 再免許申請 | 1局/年400円 | 2,000 | 5,350 | |
| | | | 3,350 | | |
| 事務手数料 | 通信物品費 | | 1,200 | 1,200 | 請求書発行等 |
| 通信サービス料金 | 一般管理費 | 上記の10% | 4,930 | 4,930 | |
| 消費税 | | 上記の10% | 5,420 | 5,420 | |
| 計 | | | 59,650 | 59,650 | |

次に、基地局の運営コストを試算した。無線機等の機材更新期間を10年(120ヶ月)として、無線機・制御装置費用、サーバレンタル費、法定手数料、鉄塔及び局舎の借料、電気空調費、維持管理費等を試算して、基地局の1か月の運営コストを下表のとおり試算した。レンタルサーバ、各指令台までの専用線を利用する場合は、その賃料が加算されるが、1月当たりの運営費(税込)は、126,000円と試算される。共同無線であるので、この運営コストが、サービス料金としてユーザー(共同利用者)に転与されるため、ユーザー数、使用移動局数により割愛されることとなる。

[基地局の運営コスト試算]

| 基地局運営費用項目 | 内 訳 | | 単 価 | 10年間費用 | 備 考 |
|-----------|----------------|---------------------|---------|------------|-----------------|
| 基地無線装置 | 装置製作費 | 10年更新算出 | 100,000 | 100,000 | 工賃含まず |
| 基地制御装置 | 汎用PC | | 200,000 | 200,000 | レンタルサーバ、専用線は含まず |
| 免許申請手数料 | 免許申請 | | 6,700 | 6,700 | |
| 法定手数料 | 電波利用料 再免許申請 | 1局/年6,400円 5年毎2回 | 6,400 | 64,000 | |
| | | | 4,950 | 9,900 | |
| 鉄塔局舎借料 | | 1月 60,000円 | | 7,200,000 | |
| 電気空調費 | | 1月 40,000円 | | 4,800,000 | |
| 事務手数料 | 通信物品費 | 年2回 | 600 | 12,000 | 請求書発行等 |
| 一般管理費 | | 上記の10% | | 1,239,260 | |
| 消費税 | | 上記の10% | | 1,363,186 | |
| 計 | | | | 14,995,046 | |

(2) システム評価

高所電波塔や山上基地局が持つ大ゾーンで豊かな通信資源価値を活かして、この地域共同利用型 IoT 無線基地局、周波数とサーバーなどの通信インフラを異なる独自の通信アプリケーションでの同時運用を実現させたことは、地方あるいは小規模な地域事業者が安心して取組める経済的な DX として高く評価できる。

社会や地域の DX の推進は、新たな IoT 通信技術を積極的に活用し、経済的な地域通信インフラと地域デジタル基盤の整備が車両数と通信頻度などの限られた地域事業者には必須的な条件ともいえる。

本地域自営 IoT 無線システムは、大容量多数地点のセンサーネットワークに適用するのではなく、車両の動態管理モニターとして、無線回線での伝送データ量を抑えて、共同利用効果を高めることが重要であり、評価される。そうした意味では、大量データの収集処理を目的とする LPWA 等の他のセンサーネットワークと本モバイル IoT 無線を併用させて地域全体の DX へ取組むことも有効と考える。

地域自営 IoT 無線システム利用の 4 つの特徴

- 1 大ゾーン基地局であるので多くの地域ユーザーの加入が見込まれる。
- 2 地域共同無線なので、基地局利用費用の分散（軽減）化ができる。
- 3 自治体向けの地域移動体デジタル基盤の相互利用が可能である。
- 4 大量の通信データ、高トラフィックの移動通信には、不適な面がある。

(2) 今後の評価課題

3 期 6 回にわたる技術試験において、LoRa®通信技術による 3 種類のサービスアプリを実装し、一つの無線回線（電波）に収めて、それぞれに独立性、機密性をもって相互干渉なく同時通信の実証されたことが大きく評価された。

また、今回の技術試験で実証された一つに、実用的な通信サービスエリアを確定させる信号強度の基準値が検証できたことがある。移動局に単一型空中線を使用した市街地での実質 1%PER の限界は、信号強度約-110dBm、SNR 約-10dB 程度とすることで、同一周波数を使用する基地局のローテーションや地域における周波数割当方針の検討に寄与できることである。

次に、本共同無線システムの通信アプリケーションの独立性と安定性を確保するため、基地局と指令台との役割分担や協調補完体制を含むシステム設計とその地域の利用条件に合わせたカスタマイズへの配慮を図ることの重要性を認識させられたことも本技術試験の重要な評価であった。

一方で、さらに検討、検証すべき課題も残されていることも見落とせない。まず通信頻度や伝送データ量が異なるユーザー・アプリケーションの共同（同時運用）無線として、システムの收容余裕度を評価しつつ、サービスアプリの收容台数、サービスレスポンス、移動体情報把握頻度などのパラメーターを見極めてシステムを設計・運用する必要がある。また、パケット衝突によるロスの低減などのために、移動局の送信電力制御についても検証する必要がある。

いずれの課題も、それぞれの地域の各アプリケーションの利用実情に合わせた検討とその検証が今後も必要である。

7. 5 導入普及推進策

社会実証試験により、地域自営 IoT 無線システムの実現性と技術性能が検証された。今後は、実際に本 IoT 無線システムを供用させ、その利用効果、社会的評価を見せることが必要である。

これまで地域ニーズ調査と技術検証を繰り返す中で、本無線システムの必要性、有用性が評価され、具体的な導入ニーズが出されている。大都市部を除く全国各地に共通するニーズである。また、その利便性、経済性及び汎用性から全国展開の必要性、実現性を持っていると確信した。

かかる将来展望と早急な対応から、本地域自営 IoT 無線システムを今日、地域社会におかれた課題解決のためのDXと電波の有効利用促進を実現する継続維持可能な普及推進策として免許制度化と社会実装を望むものである。

地域自営 IoT 無線システムは、通信インフラを整備し、ネットワーク作りがその目標ではない、また、大量の通信データを送り、分析・活用することを主たる目的ともしていない。様々な社会活動が展開される地域内の車両動態データを活用し、移動体通信のDXを図ろうとするものである。

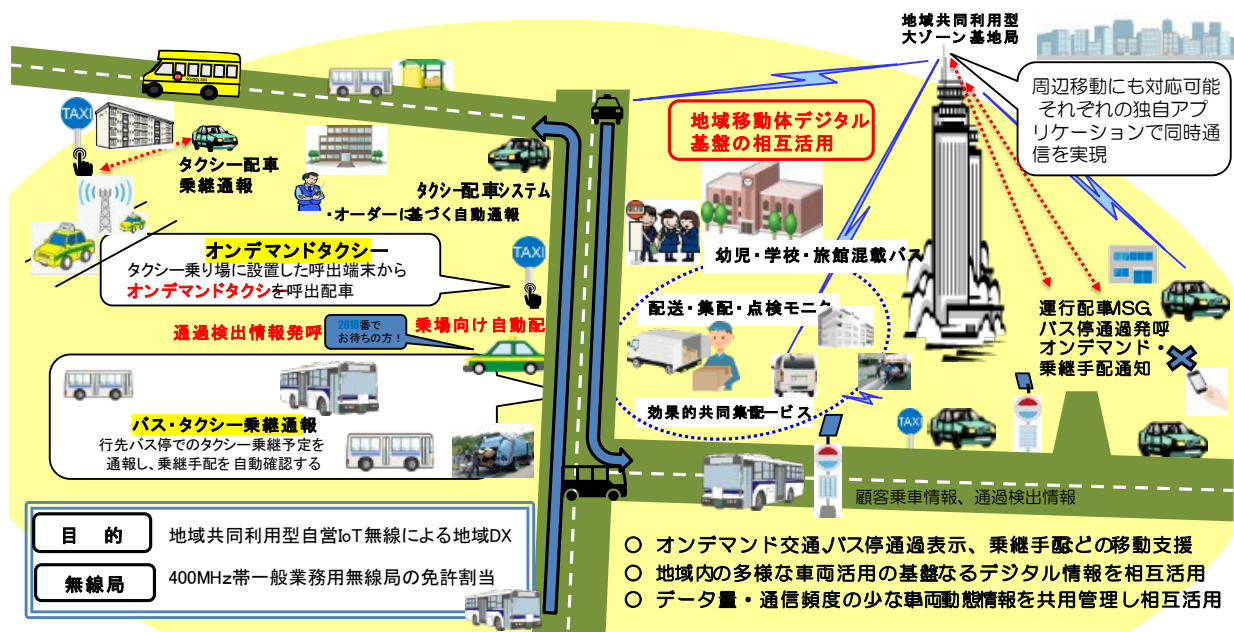
今日、車両を活用したモビリティ社会の中にあって、交通・移動支援をはじめ地域事業の支援のため、地域移動体動態データのDXを進め、地域課題を解決し、安全で安心感と幸福感を高める地域社会作りが、本地域自営 IoT 無線システムのDXの狙いである。

本調査検討会で進めてきた議論と検討成果を基に、社会実証試験成果や調査検討報告を広く伝え、デジタル田園都市国家構想などの国の地域DX支援策の活用を図りながら実現、導入普及を目指していくことが今後最も重要である。

地域自営IoT無線システムの社会実証にむけた技術試験

- 伝送・通信頻度の低い事業者の各業務アプリケーションで、効果的にデータ通信する地域共同利用型IoT無線システム
- オンデマンドやタクシーとの乗継などの複合的な運行移動支援地域内集点検など、移動体デジタル基盤の相互活用

地域事業・活動を支える共同利用型の自営IoT無線システムの社会実証事業



〔添付資料〕

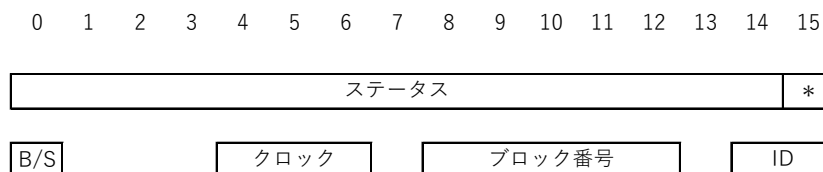
| | | |
|--------------------------------|----------|-----|
| 資料 1 ソフトウェアに関する付属資料 | ・・・・・・・・ | 143 |
| (1) 付属資料 ソフトウェアに関する付属資料 | | |
| (2) 付属資料 機能確認のための PC 機能概要項目リスト | | |
| 資料 2 共同無線及び IoT サービスの料金調査 | ・・・・・・・・ | 155 |
| 資料 3 調査検討会 | ・・・・・・・・ | 157 |
| (1) 調査検討会構成委員 | | |
| (2) 調査検討会規約 | | |
| (3) 調査検討会開催状況 | | |
| (4) 調査検討会議事要旨 (第 1 回～第 3 回) | | |

資料 1 ソフトウェアに関する付属資料

(1) 【付属資料】ソフトウェアに関する付属資料

基地局LCD表示

LCD出力は3秒のブロックごとにまとめて行いますので、実際の受信や送信のタイミングとずれる場合があります。



| | |
|--------|--|
| ステータス | システム種別の設定が行われていない時に"No Assignment"を表示する。 通常動作時には"Working"を表示する。 |
| * | "*"マークを3秒おきに点滅させる。 |
| B/S | Bパケット送信時に"B"を表示する。Sパケット送信時に"S"を表示する。3秒後に消える。 |
| クロック | 立ち上げ時にPPSを検知する前、または5分以上PPSを検知しない時には "---"を表示する。 PPSが検知出来ている時（最後に検知してから5秒以内）は"PPS"を表示する。 PPSを最後に検知してから5秒以上経過し、5分以内は"INT"を表示し、内部クロックで動作する。 |
| ブロック番号 | 0～65535のブロック番号を表示する。 表示する情報が無い場合は"-----"を表示する。 |
| ID | 無線機のID"02"を表示する。 |

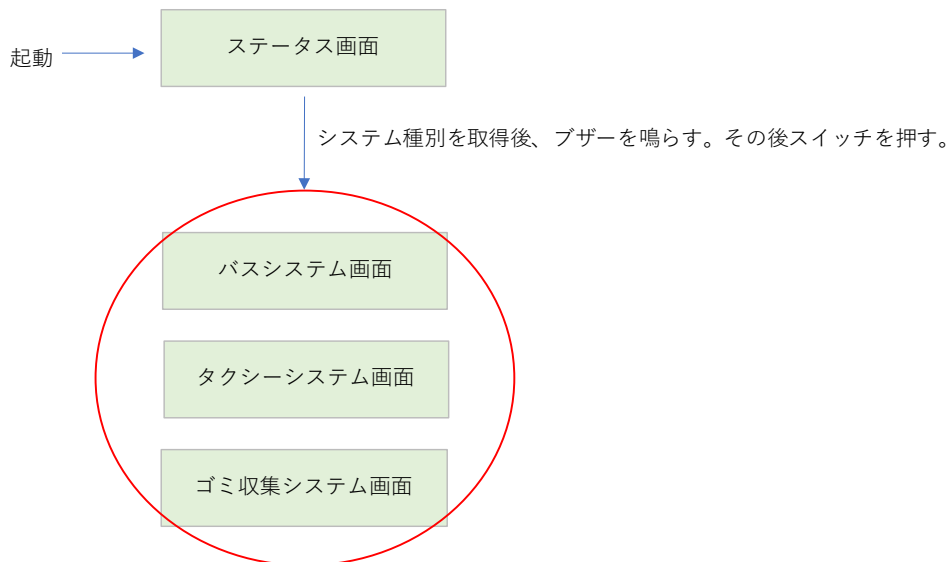
移動局共通LCD表示

LCD出力は3秒のブロックごとにまとめて行いますので、実際の受信や送信のタイミングとずれる場合があります。

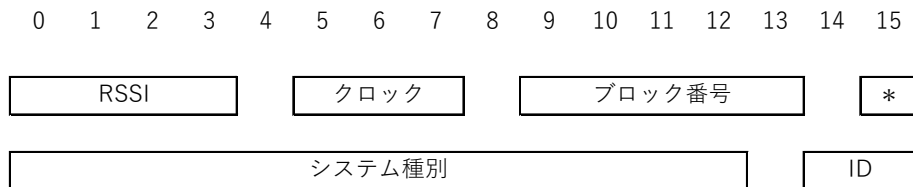
移動局には4つの画面状態がある。

起動後、ステータス画面を表示する。

システム種別を取得後、スイッチを押すことにより、システムごとの画面に切り替わる。



ステータス画面



RSSI T1またはT2パケットのRSSI値を表示する。3秒毎に更新する。
T1/T2パケットの受信なし、または受信エラーの場合は"----"を表示する。
RSSI値の表示形式は"-85"、"-110"等とする。

クロック 立ち上げ時にPPSを検知する前、または5分以上PPSを検知しない時には"---"を表示する。
PPSが検知出来ている時（最後に検知してから5秒以内）は"PPS"を表示する。
PPSを最後に検知してから5秒以上経過し、5秒以内は"INT"を表示し、内部クロックで動作する。

ブロック番号 0~65535のブロック番号を表示する。
表示する情報が無い場合は"-----"を表示する。

***** "*"マークを3秒おきに点滅させる。

システム種別 システム種別、バスは路線名を表示する。表示する情報が無い場合は"----"を表示する。

ID 無線機のID"16"~"30"を表示する。

移動局バスシステムLCD表示

LCD出力は3秒のブロックごとにまとめて行いますので、実際の受信や送信のタイミングとずれる場合があります。

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------|---|---|---|---|---|---|---|---------|---|----|----|----|----|----|----|
| 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| 移動体情報 | | | | | | | | 移動体情報選択 | | | | | | | |
| メッセージ | | | | | | | | | | | | | | | * |

メッセージ B/Sパケットで、最後に受信したメッセージを表示する。
メッセージの到着はブザーで知らせる。(0.5秒×3回)

移動体情報 現在の移動体情報を表示する。

移動体情報選: ロータリーエンコーダにより、設定する移動体情報を選択する。
スイッチを押すことにより、移動体情報が設定される。

| 移動体情報番号 | LCD表示 | 説明 |
|---------|-------|-----------------|
| 0 | ﾀｲ | 待機、始発待ち (初期値) |
| 1 | ツカ xx | バス停通過 (出発) |
| ... | | |
| 40 | | |
| 101 | ｼｬｯｸ | 終着、60秒後に「ﾀｲ」と表示 |

* 基地局と通信している時 (Mパケットを送出した時) に点滅する。

B/Sパケットのメッセージ種別: 使用しない。

移動局タクシーシステムLCD表示

LCD出力は3秒のブロックごとにまとめて行いますので、実際の受信や送信のタイミングとずれる場合があります。

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15

| |
|--------|
| LCD表示1 |
|--------|

スイッチやメッセージ受信などのイベントにより、下表の通り状態遷移を行う

| |
|--------|
| LCD表示2 |
|--------|

一般メッセージは、新しいメッセージを受信するまで消去しない。

| 移動体 情報番号 | 現在の 移動体情報 | LCD表示1 | LCD表示2 | イベント | | | |
|-------------|--------------|--------|---------------|-----------------------------|-------------------|-------------------------------|----------------------------|
| | | | | Psw | Psw長押し | 配車指令受信 | 一般メッセー ジ受信 |
| 0 | 空車 | クワ | (一般メッ セージ) | 実車に遷移 Buz0.1*2 | 休憩に遷移 Buz0.1*2 | 配車指令に遷移 迎車先を表示 Buz0.5*2 | 一般メッセー ジを表示 Buz0.5*3 |
| 1 | 配車指令 | レイ | 迎車先 | 迎車に遷移 Buz0.1*2 | — | — | — |
| 2 | 迎車 | ゲイ | 迎車先 | 実車に遷移 迎車先を消去 Buz0.1*2 | — | — | — |
| 3 | 実車 | ジツ | (一般メッ セージ) | 支払いに遷移 Buz0.1*2 | — | — | 一般メッセー ジを表示 Buz0.5*3 |
| 4 | 支払い | ハラ | (一般メッ セージ) | 空車に遷移 Buz0.1*2 | — | — | 一般メッセー ジを表示 Buz0.5*3 |
| 5 | 休憩 | キュウ | (一般メッ セージ) | — | 空車に遷移 Buz0.1*2 | — | 一般メッセー ジを表示 Buz0.5*3 |

B/Sパケットのメッセージ種別

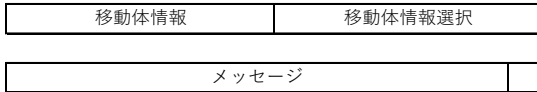
| メッセージ種別 | 内容 | メッセージ文字列 |
|---------|---------|----------|
| 0 | 一般メッセージ | 一般メッセージ |
| 1 | 配車指令 | 迎車先 |

* 基地局と通信している時 (Mパケットを送出した時) に点滅する。

移動局ゴミ収集システムLCD表示

LCD出力は3秒のブロックごとにまとめて行いますので、実際の受信や送信のタイミングとずれる場合があります。

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15



メッセージ B/Sパケットで、最後に受信したメッセージを表示する。
メッセージの到着はブザーで知らせる。(0.5秒×3回)

移動体情報 現在の移動体情報を表示する。

移動体情報選 回転ロータリーエンコーダにより、設定する移動体情報を選択する。
スイッチを押すことにより、移動体情報が設定される。

| 移動体情報番号 | LCD表示 | 説明 |
|---------|-------|----|
| 0 | ?? | |
| 1 | ?? | |
| 2 | ?? | |
| 3 | ?? | |

* 基地局と通信している時 (Mパケットを送出した時) に点滅する。

B/Sパケットのメッセージ種別：使用しない。

ログデータ

送信ログ形式

| フィールド名 | 内容、ログ保存時の書式（テキスト形式、カンマ区切り） |
|--------|----------------------------|
| 種別 | "L" ログデータであることを示す |
| ブロック番号 | "0"～"65535" |
| ログ種別番号 | "1"～"14"（下記参照） |
| 自局ID | 基地局："2"、移動局："16"～"30" |
| 送信データ | テキスト形式（送受信データの仕様を参照） |
| デリミタ | 改行コード CR/LF |

受信ログ形式

| フィールド名 | 内容、ログ保存時の書式（テキスト形式、カンマ区切り） |
|--------|------------------------------|
| 種別 | "L" ログデータであることを示す |
| ブロック番号 | "0"～"65535" |
| ログ種別番号 | "1"～"14"（下記参照） |
| 自局ID | 基地局："2"、移動局："16"～"30" |
| 受信状況 | 受信無し："NO"、受信エラー："ER"、OK："OK" |
| RSSI値 | 数値 |
| SN値 | 数値 |
| 受信データ | テキスト形式（送受信データの仕様を参照） |
| デリミタ | 改行コード CR/LF |

ログ種別番号

| ログ種別番号 | 基地局 | 移動局 | ログ形式 | 基地局PCログ | 基地局SD 送信ログ | 基地局SD 受信ログ | 移動局SD 送信ログ | 移動局SD 受信ログ |
|--------|------|------|------|---------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| 1 | T1送信 | | 送信ログ | ○ | ○ | | | |
| 2 | | T1受信 | 受信ログ | | | | | ○ |
| 3 | T2送信 | | 送信ログ | ○ | ○ | | | |
| 4 | | T2受信 | 受信ログ | | | | | ○ |
| 5 | B1送信 | | 送信ログ | ○ | ○ | | | |
| 6 | | B1受信 | 受信ログ | | | | | ○ |
| 7 | S1送信 | | 送信ログ | ○ | ○ | | | |
| 8 | | S1受信 | 受信ログ | | | | | ○ |
| 9 | B2送信 | | 送信ログ | ○ | ○ | | | |
| 10 | | B2受信 | 受信ログ | | | | | ○ |
| 11 | S2送信 | | 送信ログ | ○ | ○ | | | |
| 12 | | S2受信 | 受信ログ | | | | | ○ |
| 13 | | M送信 | 送信ログ | | | | ○ | |
| 14 | M受信 | | 受信ログ | ○ | | ○ | | |

備考

「受信エラー」には、受信バイト数エラーとCRCエラーを含みます。

受信側において、テキスト形式に変換する有効なデータが無い時には（例：受信無しの場合等）、該当するフィールドは空白（無文字）になります。

送信ログの送信データは、一度バイナリ化した送信データを、受信機と同じロジックでテキストに変換したものを保存します。

複数端末のログをマージした時に、ブロック番号とログ種別番号により、ログデータを時系列にソートする事が出来ます。

SDログ・送信ログ TXddmm.log

受信ログ RXddmm.log

ddは日、mmは月です。いずれもUTC時刻です。

同じ日のログデータは、同一ファイルに追記されます。

基地局の PC と無線機間の通信

通信条件

基地局 PC と基地局無線機は USB で接続し、基地局 PC からは仮想 COM ポートとしてアクセスします。

ボーレート : 115.2kbps

データ : 8 ビット

パリティ : なし

ストップビット : 1 ビット

テキスト形式、カンマ区切り

デリミタ : CR/LF

コマンド

基地局無線機のバージョン情報取得 (疎通確認)

PC→無線機

| フィールド名 | 内容 (テキスト形式、カンマ区切り) |
|--------|--------------------|
| 種別 | "C" コマンドである事を示す |
| コマンド番号 | "1" |
| デリミタ | 改行コード CR/LF |

無線機→PC

| フィールド名 | 内容 (テキスト形式、カンマ区切り) |
|---------|--------------------|
| 種別 | "R" レスponseである事を示す |
| レスポンス番号 | "1" |
| バージョン情報 | バージョン文字列、32 文字以下 |
| デリミタ | 改行コード CR/LF |

システム種別設定

PC→無線機

| フィールド名 | 内容 (テキスト形式、カンマ区切り) |
|---------------|--|
| 種別 | "C" コマンドである事を示す |
| コマンド番号 | "2" |
| 移動局 16 システム種別 | 上位 4 ビット システム種別 ※1、下位 4 ビット (ID-16) 0、16 進数表示、2 文字 |
| 移動局 17 システム種別 | 上位 4 ビット システム種別 ※1、下位 4 ビット (ID-16) 1、16 進数表示、2 文字 |

| | |
|---------------|--|
| 移動局 18 システム種別 | 上位 4 ビット システム種別 ※1、下位 4 ビット (ID-16) 2、16 進数表示、2 文字 |
| 移動局 19 システム種別 | 上位 4 ビット システム種別 ※1、下位 4 ビット (ID-16) 3、16 進数表示、2 文字 |
| 移動局 20 システム種別 | 上位 4 ビット システム種別 ※1、下位 4 ビット (ID-16) 4、16 進数表示、2 文字 |
| 移動局 21 システム種別 | 上位 4 ビット システム種別 ※1、下位 4 ビット (ID-16) 5、16 進数表示、2 文字 |
| 移動局 22 システム種別 | 上位 4 ビット システム種別 ※1、下位 4 ビット (ID-16) 6、16 進数表示、2 文字 |
| 移動局 23 システム種別 | 上位 4 ビット システム種別 ※1、下位 4 ビット (ID-16) 7、16 進数表示、2 文字 |
| 移動局 24 システム種別 | 上位 4 ビット システム種別 ※1、下位 4 ビット (ID-16) 8、16 進数表示、2 文字 |
| 移動局 25 システム種別 | 上位 4 ビット システム種別 ※1、下位 4 ビット (ID-16) 9、16 進数表示、2 文字 |
| 移動局 26 システム種別 | 上位 4 ビット システム種別 ※1、下位 4 ビット (ID-16) 10、16 進数表示、2 文字 |
| 移動局 27 システム種別 | 上位 4 ビット システム種別 ※1、下位 4 ビット (ID-16) 11、16 進数表示、2 文字 |
| 移動局 28 システム種別 | 上位 4 ビット システム種別 ※1、下位 4 ビット (ID-16) 12、16 進数表示、2 文字 |
| 移動局 29 システム種別 | 上位 4 ビット システム種別 ※1、下位 4 ビット (ID-16) 13、16 進数表示、2 文字 |
| 移動局 30 システム種別 | 上位 4 ビット システム種別 ※1、下位 4 ビット (ID-16) 14、16 進数表示、2 文字 |
| デリミタ | 改行コード CR/LF |

※1：「無線送受信データ」を参照

無線機→PC

| フィールド名 | 内容 (テキスト形式、カンマ区切り) |
|---------|--------------------|
| 種別 | "R" レスponseである事を示す |
| レスポンス番号 | "2" |
| レスポンス内容 | "OK"、"NG" |
| デリミタ | 改行コード CR/LF |

B パケット送信コマンド

PC→無線機

| フィールド名 | 内容 (テキスト形式、カンマ区切り) |
|---------|--|
| 種別 | "C" コマンドである事を示す |
| コマンド番号 | "3" |
| システム種別 | BUS"、"TAX"、"GAR" |
| セレクト | 移動局個別："16"～"30" |
| メッセージ種別 | 0～0xFF、システム種別ごとに定義 |
| メッセージ | メッセージ、可変長、最大 88 文字、UTF-8 コード、ただし ANK コードに変換できる文字のみ |
| デリミタ | 改行コード CR/LF |

無線機→PC

| フィールド名 | 内容 (テキスト形式、カンマ区切り) |
|---------|--------------------|
| 種別 | "R" レスポンスである事を示す |
| レスポンス番号 | "3" |
| レスポンス内容 | "OK"、"NG" |
| デリミタ | 改行コード CR/LF |

S パケット送信コマンド

PC→無線機

| フィールド名 | 内容 (テキスト形式、カンマ区切り) |
|---------|--|
| 種別 | "C" コマンドである事を示す |
| コマンド番号 | "4" |
| システム種別 | BUS"、"TAX"、"GAR" |
| メッセージ種別 | 0～0xFF、システム種別ごとに定義 |
| メッセージ | メッセージ、可変長、最大 30 文字、UTF-8 コード、ただし ANK コードに変換できる文字のみ |
| デリミタ | 改行コード CR/LF |

無線機→PC

| フィールド名 | 内容 (テキスト形式、カンマ区切り) |
|---------|--------------------|
| 種別 | "R" レスポンスである事を示す |
| レスポンス番号 | "4" |
| レスポンス内容 | "OK"、"NG" |
| デリミタ | 改行コード CR/LF |

ログデータ

基地局無線機は基地局 PC に対してログデータを送出します。

(2) 付属資料 機能確認のための PC 機能概要項目リスト

◎基地局アプリケーション

- ・マップ表示
 - 各移動体位置表示
 - 基地局位置（タワー）表示
- ・移動体情報表示
 - 移動体名表示
 - 無線通信状態（RSSI、無線局との距離、無線パケット受信時刻等）情報表示
 - ステータス情報表示
- ・指令台接続状況表示
 - 接続開始時刻、接続時間等表示
 - 通信パケット個数表示
- ・無線基地局コマンド送受信
 - バージョン情報確認。
 - システム種別設定
 - B パケット送信
 - S パケット送信
 - 無線基地局コマンドモニタ画面

◎バスロケーション指令台アプリケーション

- ・マップ表示
 - バス位置表示
 - バス停位置表示
- ・バス情報表示
 - バス名（路線名）表示
 - 通過バス停情報表示（遅延時間等）
 - 次バス停情報表示（到着予定時刻）
 - バスステータス情報表示
- ・指令（メッセージ通知機能）
 - バス名を左クリックすると、指定したバスにメッセージ（固定、任意入力）を送信できる。
 - 全車両一斉送信ボタンをクリックすると、全てのバスに一斉にメッセージ（固定、任意入力）を送信できる。

◎タクシー指令台アプリケーション

・マップ表示

タクシー位置表示

ランドマーク（病院、学校、警察、消防、バス停等）位置表示

・タクシー情報表示

タクシー名表示

最寄りのランドマーク名表示

タクシーステータス情報（空車、実車等）表示

・指令（メッセージ通知機能）

タクシー名を左クリックすると、指定したタクシーにメッセージ（固定、任意入力）を送信できる。

◎ごみ収集車指令台アプリケーション

・マップ表示

ごみ収集車位置表示

ごみ集積所位置表示（ごみ収集車が通過すると緑表示）

ごみ処理センター位置表示

・ごみ収集車情報表示

ごみ収集車名表示

最寄りのごみ集積所名表示

通過したごみ収集所の数を表示

・指令（メッセージ通知機能）

ごみ収集車名を左クリックすると、指定したごみ収集車にメッセージ（固定、任意入力）を送信できる。

以上

資料2 共同無線及びIoTサービスの料金調査（第7章7.4 関連）

【付属資料】 他の共同無線及びIoTサービスの提供料金調査

(1) 他の共同無線システムの基本サービス提供料金

| 無線システム | MCA 無線 | 地域振興 MCA 無線 | IP 無線レンタル | 備 考 |
|---------|------------------------------|-----------------|-----------------------------|-----|
| 端末購入費用 | | (無又は数万円) | (無) | |
| 通信サービス料 | 月 2,530 円又は 1,980～2,255 円 | 月 1,800～2,500 円 | 日 1,000～3,000 円 月 8,000～ | |

| IoT サービス例 | キャリア型 IoT サービス | プラットフォーム IoT サービス |
|-----------|--------------------------|--|
| 初 期 費 用 | 800～3,500 円 | カード型 SIM:900 円/枚 チップ型 SIM : 1,000 円、500 枚から |
| 月額基本料金 | 月 50～250 円/400～900 円 | 月 330 円 |
| 月間基本データ量 | 10KB～2MB 等、様々 | SMS 送信 : 2.2 円/通 |
| 超過データ通信料 | 1～0.3 円/KB、100 円/MB 等、様々 | 500MB 単位で 110 円加算 |

資料3 調査検討会

(1) 調査検討会構成委員

調査検討会構成委員

〔主査〕

阪田 史郎 国立大学法人千葉大学 名誉教授

〔副主査〕

鈴木 秀和 学校法人名城大学 理工学部情報工学科 准教授

〔委員〕

石原 進 国立大学法人静岡大学学術院
工学領域工学部数理システム工学科 教授

岡田 啓 国立大学法人東海国立大学機構名古屋大学
未来材料システム研究所システム創成部門 准教授

高部 佳之 一般財団法人移動無線センター 東海センター長

小池 幸永 株式会社サーキットデザイン 代表取締役社長

佐藤 和也 新潟通信機株式会社 技術部 主任

伊藤 泰久 総務省 東海総合通信局 無線通信部 部長

小澤 裕 マスプロ電工株式会社 開発部 副部長

(2) 調査検討会 規約

「地域自営IoT無線システムの社会実証に向けた技術試験」

調査検討会 規約

令和4年6月24日制定

(名 称)

第1条 本調査検討会は、「地域自営IoT無線システムの社会実証に向けた技術試験」調査検討会（以下、「調査検討会」と称する。）

(目 的)

第2条 調査検討会は、総務省東海総合通信局の「地域自営 IoT 無線システムの社会実証に向けた技術試験」の請負（以下、「技術試験請負」）の実施にあたり、地域自営 IoT 無線システムの社会実装に向けて、技術試験用地域自営 IoT 無線システムの設計及び実証エリアでの技術試験を行い、電波の有効利用に資するとともに、多様な移動体管理の IoT データ通信の技術試験の実施と、その試験結果の分析評価を行うことを目的とする。

(活 動)

第3条 調査検討会は、技術試験請負の推進にあたり実施上必要な知識、技術、情報、意見等の交換と調査検討のために設置される。

(活動期間)

第4条 調査検討会の活動期間は、令和4年6月24日より令和5年3月31日までとする。

(調査検討会の構成)

第5条 調査検討会は、技術試験請負の入札説明書の仕様書「3. 実施内容(5)調査検討会の設置等」に基づいて、本調査検討を効果的に実施するため、専門家、学識経験者等10名程度の委員から構成する。

(1) 調査検討会の構成は、別表に定めるものとする。

(2) 調査検討会の構成員は、主査、副主査、委員及び事務局によって構成される。

(主査・副主査)

第6条 委員の互選により主査を選任する。

2 主査は副主査を複数名指名することができる。

(調査検討会の運営)

第7条 調査検討会は主査或いは副主査が招集する。

2 主査は調査検討会の運営を行い、副主査はそれを補助する。

- 3 調査検討会は、必要に応じて書面又は電子メールにより開催することができる。
- 4 委員に代わって代理人が出席することができる。

(経費の支出)

第8条 調査検討会の活動に必要な費用は、技術試験請負の請負金額から支出することができる。

(議事録)

第9条 調査検討会の議事は、議事録に記録しなければならない。なお、議事録には開催日時、開催場所、出席者、議事概要等を記載する。

(秘密保持)

第10条 構成員は、任期中に知り得た秘密情報を、当該任期中はもとより、当該任期終了後においても、他に漏らしてはならない。

(事務局)

第11条 調査検討会の事務処理のため、一般社団法人全国自動車無線連合会（東京都千代田区九段南4-8-13）に事務局を置く。

(事前検討会及び作業委員会)

第12条 調査検討会で、効果的に各課題の検討及び審議を進めるための資料を準備し、必要により主査及び検討課題に対応する委員等による事前検討会及び作業委員会を置くことができる。事前検討会及び作業委員会の運営は事務局が行う。

(報告)

第13条 調査検討会は、調査検討会終了後、東海総合通信局長に調査検討結果の概要報告を行う。

附則（令和4年6月24日制定）

本規約は、令和4年6月24日より施行する。

(3) 調査検討会開催状況

| 回 | 開催日時・場所 | 議 事 |
|---|--|--|
| 1 | <p>令和4年8月23日(火) 13:45～15:20</p> <p>東山スカイタワー 2階スカイホール</p> | <p>1. 開 会</p> <p>2. 挨拶 総務省 東海総合通信局長 北林 大昌 様</p> <p>3. 議 事 (1) 技術試験の実施計画 (2) 第1回技術試験の実施状況 (3) 今後の進め方について</p> <p>4. 閉 会</p> |
| 2 | <p>令和4年12月21日(水) 14:00～16:16</p> <p>ウイंकあいち 1204号室</p> | <p>1. 開 会</p> <p>2. 議 事 (1) 第1回調査検討会議事録の補強と確認 (2) 構成したアプリと機能仕様 (3) 試験結果の報告 (4) 無線局制度化の検討について (5) 今後の進め方について</p> <p>3. 閉 会</p> |
| 3 | <p>令和5年2月1日(水) 14:20～15:20</p> <p>日進市民会館 2F 談話室</p> | <p>1. 開 会</p> <p>2. 議 事 (1) 第2回調査検討会議事録の確認 (2) 第3回技術試験（公開社会実証試験）の評価 (3) 無線局制度化及び今後の取りまとめについて</p> <p>3. 挨拶 総務省 東海総合通信局長 北林 大昌 様</p> <p>4. 閉 会</p> |

(4) 調査検討会議事要旨

「地域自営 IoT 無線システムの社会実証に向けた技術試験」

第1回調査検討会 議事要旨

1 日 時

令和4年8月23日(火) 13:45～15:20

2 場 所

東山スカイタワー 2階 スカイホール

愛知県名古屋市千種区田代町瓶杵 1-8

3 出席者(敬称略)

(1)来 賓

北林大昌 総務省東海総合通信局 局長

(2)構成委員

阪田史郎 国立大学法人千葉大学 名誉教授

鈴木秀和 学校法人名城大学 理工学部情報工学科 准教授

石原 進 国立大学法人静岡大学 学術院工学領域工学部数理システム工学科 教授

高部佳之 一般財団法人移動無線センター 東海センター長

小池幸永 株式会社サーキットデザイン 代表取締役社長

佐藤和也 新潟通信機株式会社 技術部システム開発課 主任

伊藤泰久 総務省東海総合通信局 無線通信部 部長

岡田 啓 国立大学法人東海国立大学機構名古屋大学 准教授 (8月24日、訪問説明)

(2)オブザーバ

黒川理雄 総務省総合通信基盤局電波部 移動通信課 第一技術係長

久岡亜梨亜 総務省総合通信基盤局電波部 移動通信課 第一技術係

安田 隆 総務省東海総合通信局無線通信部 電波利用企画課 課長

山下修弘 総務省東海総合通信局無線通信部 陸上課 課長

江尻美行 総務省東海総合通信局無線通信部 電波利用企画課 上席企画監理官

大河戸伸悟 総務省東海総合通信局無線通信部 電波利用企画課 企画監理官

足立尚史 総務省東海総合通信局無線通信部 電波利用企画課

斧田崇義 総務省東海総合通信局無線通信部 陸上課 電波利用促進担当

国井 豊 中部電子システム株式会社 執行役員 MC 事業部長

村瀬友紀 名鉄 EI エンジニア株式会社 営業部専任部長

鈴木 勲 名鉄 EI エンジニア株式会社 設備工事部設備工事3課 係長

4 配付資料

検 1-1 「地域自営 IoT 無線システムの社会実証に向けた技術試験」 調査検討会規約

検 1-2 「地域自営 IoT 無線システムの社会実証に向けた技術試験」 実施計画書(案)

検 1-3 第1回技術試験の実施状況について

5 開 会

(司会者：事務局岡崎)

(1)開会宣言

司会者が第 1 回調査検討会の開会を述べた。併せて、総務省東海総合通信局の調査検討役務を一般社団法人全国自動車無線連合会が受託した旨を話した。

(2)配付資料及び規約の確認

司会者が配付資料の確認、及び規約の説明を行い、規約の確認をした。

(3)主査等の選任

司会者が規約第 6 条第 1 項「委員の互選により主査を選任する。」に基づき、国立大学法人千葉大学の阪田史郎名誉教授を主査に選任したい旨を提案したところ、出席構成委員は全員異議なく承認をした。

なお、本日の出席者については、検 1-1 の調査検討会規約の別表にある構成委員 9 名のうち 7 名が出席している。本日、都合により欠席の委員については、明日、個別にご意見を伺うことになっているので、出席とみなすこととする。

(4)来賓挨拶

総務省東海総合通信局長・北林大昌様が挨拶を述べた。

(要旨)

地域自営 IoT 無線システムの社会実証実験に向けた第 1 回調査検討会の開催にあたり一言、ご挨拶を申し上げます。平素より、情報通信行政に格別のご理解、ご協力を賜り厚くお礼申し上げます。委員の皆様には、当検討会の趣旨にご理解をいただき、昨年度に引き続き委員をお引き受けいただいたこと、また、ご多忙の中、更には遠方よりお越しいただいたことに対し、重ねてお礼申し上げます。

昨年度の調査検討会においては、地方都市におけるパーソナル系やタクシー無線などのモビリティサービスを提供するため、新たな無線システムの社会実証に向けてニーズ調査に取り組んでいただいたと共に、その調査結果に基づいて、サービス形態についてもご検討をいただいた。報告書の取りまとめも行っていただいた。

本年度においては、昨年度ご検討をいただいたサービス形態に沿った新たなサービス無線システムの構築に向けて、実際に無線設備を活用した実証実験を実施して、制度化に向けた取り組み、あるいは取りまとめをお願いしている。

近年、情報通信技術の目覚ましい発展と共に、電波を利用したシステムは、多くの業種に活用されており、私たちの生活にも深く浸透している。総務省としては、情報通信の力が遺憾なく発揮されるように、デジタル田園都市国家構想を推進し、デジタルの実装により地域間格差是正に強い技術の活性化、これを推進しているところである。

本調査検討会の成果は、正に地域間格差の是正や地域活性化の推進に繋がるものとして、大いに期待をしている。本調査検討会において新たな無線システムの構築を目指して、委員の皆様には、活発なご議論、ご検討をお願いしてご挨拶とする。どうぞ、よろしくお願い申し上げます。

6 副主査の指名

阪田主査が規約第 6 条第 2 項「主査は副主査を複数名指名することができる。」に基づき、副主査

に学校法人名城大学の鈴木秀和准教授を指名した。

7 議 事

(1) 「地域自営 IoT 無線システム技術試験」実施計画(案)について

阪田主査の指示により、事務局が検 1-2 に基づき説明をした。阪田主査が次の質問をした。

(阪田主査)

タイプ 1 からタイプ 3 までを社会実証として、第 3 回目の実験までに全部実施するのか。

(事務局岡崎)

3 つのシステムごとにアプリケーションとしては実施するが、システムとしては実施するのではなく、11 ページにある疑似システムとして、各業務センター側のサーバー、あるいはシステムは 1 個をアプリケーションごとに切り替えて実施する。アプリケーションごとの業務用サーバーとかシステムではなく、ユーザー側のものを使用しない。

(阪田主査)

この図でいうと、システム中央装置をすべてのタイプで共用するということか。

(事務局岡崎)

そのとおりである。

ここで、阪田主査が各委員に意見、質疑を求めたところ、次の意見等があった。

(石原委員)

無線システムとして、各アプリケーションによっては、パケットタイプが変わってくるとか、パケット発信順序が変わってくるとか、同時に交信するホストがあると思う。その違いが分かれば説明を願いたい。

(事務局岡崎)

業務用無線ごとに、タイミングとか信号の構成、データ量は変わるが、無線回線を検討する場合は信号については変わらない。共通して使用できる。バスで言えば、バス停の通過検出という情報を使用するだろうが、ゴミ収集車であればゴミステーションで収集したのが終わったという終了発呼というデータを同じ信号を使用する。ゴミの収集が完了したかを捉えるのはユーザー側のサーバー側で処理をする。

(石原委員)

特定のアプリケーションだから、このようにするのではなく、あるパケットタイプごとに離しておき、処理するということか。

(事務局岡崎)

そのとおりである。無線回線側で、独自性があるアプリケーションごとの、独自性のある情報は取らない。トランスペアレント的な信号、ソフトウェアで言えばレイアごとに共通的に使用できる信号系として活用する、その狙いを無線回線で行う。

(石原委員)

興味を引く点として、最大稼働する端末の数である。3 台とあるが、実際は max 何台で運用するのか。固定センサー局は用意しないのか。

(事務局岡崎)

用意した移動局は最大 15 台である。固定センサー局には使用しない。

(石原委員)

固定局等で、もう 1 度情報処理をしないのか。

(事務局岡崎)

そこまでは、実施しない。本調査検討会は電波利用料の財源で実施しているので、アプリケーション的なことまで提供できない。

(石原委員)

そう考えたのは、通信エラーとか、通信の衝突はなるべく起きないようにしていると思うが、逃げる方法があるのかと思う。

(事務局岡崎)

バスロケで計画していることは、日進市の 7 台プラス名鉄バスの 1 台の合計 8 台。ゴミ収集車は 4 台ぐらいを考えている。残りの部分をタクシー 2 ないし 3 台、トータルとして、移動局の機材は 15 局を製作している。通信の衝突などは実証実験ではできない。

(小池委員)

センサーアプリケーションを 3 種類でやってみるという理解でいいか。

(事務局岡崎)

いろいろなユースケースは、昨年度の報告書に 8 種類ほど掲載してある。今回は、その中でも適応性の高いものを実証したいと考えている。

(小池委員)

了解した。

(阪田主査)

石原先生のご質問の輻輳があった場合については、今回は考えないということでもいいのか。

(事務局岡崎)

そのとおりである。

(阪田主査)

他に意見がなければ、検 1-2「地域自営 IoT 無線システム技術試験」実施計画(案)を確認したことにとする。

(2)第 1 回技術試験の実施状況について

阪田主査の指示により、事務局が検 1-3 に基づき説明をした。阪田主査が各委員に意見、質疑を求めたところ、次の意見等が出た。

(鈴木副主査)

電波強度の違いで、地図上には青、緑に 2 色しかプロットされていない。今、地図を映しているモニターを見ても青と緑しかない。赤、黄色などの他の色があると思うが、その色が出ていないということは、緑が辛うじて通信ができていないギリギリのラインであると思われる。日進市内でも緑のプロットが出ているということは、場所によっては辛うじて通信出来ているが失敗もしている可能性もあるのではないかと。今後、実験をする場合、ゴミ収集車がゴミを回収した情報を送信してもデータが届いていないということも言えるのではないかと。

(事務局岡崎)

赤池の南の方を拡大したデータを見ると、通信は可能だと思う。第2回目の実証実験では、その点を意識し、更に詳しく調査をしたい。

(岡田委員：後日聴取)

実証実験では、通信できていないデータの把握も重要である。

(事務局岡崎) 検討会に報告したのは、上り（基地局側）の受信データのみです。

(岡田委員：後日聴取)

日、時期により電波伝搬状況に変化が生じることから、実際の車両等でいろんな日のデータを取得してみてもどうか。

(事務局岡崎)

樹木の状態や季節や雨水等によっても変化すると思えるが、年間を通した取得は難しい。

(岡田委員：後日聴取)

日進市だけでなく、他市でのデータも把握した方が良い。

7月の実証実験では、上りの受信状況が報告されているが、下りの受信状況も把握した方が良い。

(事務局岡崎)

検討会には、基地局側の受信データのみで、この後、上り・下りデータの突き合わせ分析を行い、後日、報告させてもらう。

(岡田委員：後日聴取)

アプリが使用できる限界、システムとしての限界を把握する実験も必要ではないか。

また、ダイバーシティ効果は、東京、大阪でのデータを活用しても問題ないと思われる。

(事務局岡崎)

23日の検討会では、検1-3の資料に無い山間部の実況報告を行っている。

(鈴木副主査)

移動局の送信間隔はどのくらいか。

(事務局岡崎)

3秒に1回である。(後で4秒ごとに訂正)

(石原委員)

3秒に1回ならば、まばらに見えるので間引きしてプロットしているのか。受けた側の記録だけか。プロットの仕方を確認したい。車に乗っているGPSのデータを送信して、受けた側の受信信号強度とGPSの座標をプロットしているのか。実験では、送信側でもログを残しておいて、送信側とのデータと照合すると送信したが、受信エラーとなった等を表示すれば納得しやすい。それから、11ページのデータを見ると、RSSIは青が-100dBm、緑が-110dBmという理解でいいのか。検1-2の15ページを見ると、令和2年度の試作機の受信感度は-122dBmであったと書いてある。次のページを見ると-113dBmで静止状態ならば通信可能と書いてある。これから判断すると、今回のデータは妥当であると思われる。

(事務局岡崎)

そのとおりである。

(石原委員)

車の速度はどのくらいか。

(事務局岡崎)

30 キロから 40 キロである。

(阪田主査)

他に意見がなければ、検 1-3「第 1 回技術試験の実施状況について」確認したこととする。

(3)今後の進め方について

阪田主査の指示により、事務局が口頭で説明をした。阪田主査が次の質問をした。

(阪田主査)

通信機能は、上り 2Wで実施するのか。

(事務局岡崎)

2Wは既設の実験局であるので、それで行う。5Wの必要性は議論の余地があるが、基地局は 5W、移動局は 2Wで実施すれば、5Wの比較も出来ると考えている。

(阪田主査)

公開アプリ検証・デモンストレーションのイメージが湧かない。

(事務局岡崎)

日進市の関係者に本実証実験をお見せしたいと思っている。

(阪田主査)

他に意見がなければ、「今後の進め方について」を確認したこととする。

最後に阪田主査が、次のとおり各委員に今後の協力のお礼及び議事協力のお礼を述べた。

この自営 IoT 無線システムの特徴を活かし、多くの地域ユーザーに使ってもらえるよう、無線局の制度化に向けた技術試験と検討を進めていきたい。引き続き、委員皆様のご協力をお願いする。

8 閉 会

司会者が、第 1 回調査検討会の閉会を告げた。

以 上

「地域自営 IoT 無線システムの社会実証に向けた技術試験」

第2回調査検討会 議事要旨

1 日 時

令和4年12月21日(水) 14:00～16:15

2 場 所

ウインクあいち 12階 1204会議室

愛知県名古屋市中村区名駅4-4-38

3 出席者(敬称略)

(1)構成委員

(会場出席)

阪田史郎 国立大学法人千葉大学 名誉教授

石原 進 国立大学法人静岡大学 学術院工学領域工学部数理システム工学科 教授

高部佳之 一般財団法人移動無線センター 東海センター長

小池幸永 株式会社サーキットデザイン 代表取締役社長

伊藤泰久 総務省東海総合通信局 無線通信部 部長

(オンライン出席)

鈴木秀和 学校法人名城大学 理工学部情報工学科 准教授

岡田 啓 国立大学法人東海国立大学機構 名古屋大学 未来材料・システム研究所
システム創成部門 准教授

佐藤和也 新潟通信機株式会社 技術部システム開発課 主任

(2)オブザーバ

加藤智之 総務省総合通信基盤局電波部 移動通信課 課長補佐(オンライン参加)

久岡亜梨亜 総務省総合通信基盤局電波部 移動通信課 (オンライン参加)

安田 隆 総務省東海総合通信局無線通信部 電波利用企画課 課長

山下修弘 総務省東海総合通信局無線通信部 陸上課 課長

江尻美行 総務省東海総合通信局無線通信部 電波利用企画課 上席企画監理官

大河戸伸悟 総務省東海総合通信局無線通信部 電波利用企画課 企画監理官

足立尚史 総務省東海総合通信局無線通信部 電波利用企画課

石原幸奈 総務省東海総合通信局総務部 財務課

村瀬友紀 名鉄EIエンジニアリング株式会社 営業部 三重支店長

浅野紘至 名鉄EIエンジニアリング株式会社 営業1課 主任

小谷 景 西菱電機株式会社 通信システム事業部 営業部 課長

国井 豊 中部電子システム株式会社 執行役員 MC 事業部長

4 配付資料

- 検 2-1 第 1 回調査検討会議事要旨(案)
- 検 2-1 補足 第 1 回調査検討会(8/23) 実況試験結果等の補足説明
- 検 2-2 構成した複数アプリシステムとその機能仕様
- 検 2-3 試験結果の報告
- 検 2-4 無線局制度化の検討
- 検 2-5 今後の進め方について

5 開 会

(司会者：事務局岡崎)

(1) 開会宣言

司会者が第 2 回調査検討会の開会を述べた。本日は、8 月 23 日の第 1 回調査検討会で確認をした技術試験を先に実施した上での第 2 回調査検討会の開催となる。

(2) 配付資料の確認

司会者が配付資料の確認をした。また、総務省東海総合通信局からは、技術試験にご協力をいただいた方々がオブザーバとして参加をしている。

6 議 事

(1) 第 1 回調査検討会議事録の補強説明と確認について

阪田主査の指示により、事務局が検 2-1 及び検 2-1 補足に基づき説明をした。阪田主査が各委員に質疑を求めたところ、特に意見はなく、議事録は確認された。

(2) 「構成した複数のアプリシステムとその機能仕様」並びに(3)「試験結果の報告」について

阪田主査が議事(2)「構成した複数のアプリシステムとその機能仕様」並びに議事(3)「試験結果の報告」について、併せて説明をするように指示があり、事務局が検 2-1 並びに検 2-3 に基づき説明をした。

阪田主査が、各委員に質疑を求めたところ、次の質問等が出た。

(石原委員)

検 2-2 の資料で、3 ページ目に記載のある 2.3 システムの種類において、③ごみ収集車モニターシステム移動体台数が 2~4 台となっているが、2~3 台ではないか。

(事務局岡崎)

そのとおりであるが、詳細を申し上げれば、30 日はレンタカー 3 台をごみ収集車と想定し走行させた。それに加えて、ごみ収集車用にも車載できる共通予備機が 1 台あったので、30 日は 4 台で対応した。12 月 1 日は 1 台で走行した。

(小池委員)

検 2-2 の 13 ページ目に設計諸元の個所で、実効伝送速度は 5.47kbps と記載されているが、今回の試験は固定で実施したのか。

(事務局岡崎)

固定である。当初は 4.8kbps ぐらい出ればよいと考えていた。目標として 5.47kbps と設計して

あるが、実際は 4.8kbps ぐらいであると思っている。

(小池委員)

提案である。LoRa のチップはスプレッドファクターを変えることで、インパケットが上がり距離が延びる。GPS 装置を付けるので、S F を上げるとカバー範囲が広がる。

(事務局岡崎)

検討したい。

(岡田委員)

今回、説明されたことは動作確認であると思うが、何かトラブルはあったかお聞きしたい。実験を見学された方から、コメントがあったら紹介願いたい。

(事務局岡崎)

トラブルは、本システムではなかった。トラブルとしてあったのは、基地局と指令台を結ぶ Wi-Fi のルートが、時々、切断の不具合が発生した。タワーの高いところに基地局を置いて結んでいるので、Wi-Fi の基地局あるいはアクセスポイントの場所の関係で発生したと思われる。

システムの機能的なトラブルは、本試験の前にデバック試験を実施したので、本番ではなかった。視察会を実施して、阪田先生、鈴木先生、高部委員にお越しいただいた。その時にいただいたご意見はまとめていないが、全般的には良かったとコメントをいただいている。

(石原委員)

目標は最大 30 km となっていたと思うが、実際の実験では安全マージンを見て実施したと思う。基地局から移動端末までの距離は、最大どのくらいになるのか。

(事務局岡崎)

今回、実施した試験は市内だけである。東山タワーから見ればごみの焼却場、統合美化センターが日進市内の東南部の山の上にある。そこまでは 9 km ぐらいであると思う。

(阪田主査)

5W だから届いたのか。

(事務局岡崎)

地形的な問題である。8 月 23 日に実施した電波伝搬調査においては、上りの受信データを見ると愛知池の周辺も繋がっている。11 月 29 日には、共通予備機を使用して、同じルートで RSSI 検証を行った。いくつかの地点で切断することがあった。丘陵地を 4 か所最後に渡って来て、最後の愛知池の低い場所で通信することは、かなりきついと思われる。ごみの集積所や焼却場で、あるいは山の途中で通信できているので、概ね良好と言って良いのではないかと。

(石原委員)

基地局が 5W で送信し、移動局は出力が変えられるようになっていたと思うが、結局は 5W で実施したのか。

(事務局岡崎)

8 月 23 日の試験は 2W であった。その時、届いていないのではとのご指摘があったので、5W で行った。

(石原委員)

そういうことで、今回は上り 5W で実施したわけか。了解した。

(高野委員)

資料 2-3 試験結果の報告の 12 ページに、赤色の×点は通信エラーを記録したとあるが、下の地図もいくつか通信エラーがある。局所的に発生しているように見えるが、原因はなにか。

(事務局岡崎)

個別には確認はしていない。先ほども説明したとおり、市内には地形的に環境の悪い所がある。デバック試験の時は、日進市のエコドームに基地局を設置した。非常に低い所である。その時のデータと比較分析をすれば、地形的な原因か、システム的な原因かが分かると思う。

(高部委員)

原因が分かれば、是非、教えてほしい。先般、日進市で行った公開実験に伺って、システムを拝見したが、非常に分かり易いアプリケーションで良かったと思っている。

(阪田主査)

1 スロット 100 ミリセカンドだから、3 秒 30 スロットで回しているのか。26 から 30 までは扱っていないので、この方時期で行けば、あと 5 台分は大丈夫ということか。

(事務局岡崎)

同時に通信する場合は、そのようになる。

(阪田主査)

1 タイムスロット 100 ミリセカンド、それを 30 回で回すものを、その部分を変えればもう少し増やせるのか。

(事務局岡崎)

そのとおりである。ただし、衝突は時間的な問題でスロットを共有していても 1 スロットで衝突しているだけではないと思う。

(阪田主査)

例えば、タイムスロットを短くすれば、誤り率が増えてしまうとかの可能性があるので、限界があるということか。

(事務局岡崎)

あると思うが、このシステムは 1 つの無線回線を複数のユーザーに使用してもらうため、伝送量を極力抑えてもらう。1 情報 25 バイトを考えている。それよりも長いものは採用しない。このような考えでシステム設計をする。長い情報を希望するユーザーはお薦めしない。資料 2-4 に制度化で説明をするが 1 ユーザーで占有する状態で利用はさせないという免許方針にしたい。

(石原委員)

資料 2-2 の 6 ページ、メッセージフォーマットのところに「上りは固定フォーマット、下りは固定長」と書いてある。固定フォーマットと固定長は同じ意味ではないか。

常時 2 回送信となっているが、1 回で通信でき、2 回で成功したことが分かるログなどはあるのか。

(事務局岡崎)

そこまでの分析をしていない。

(石原委員)

2 回目で受かるところが多ければ、受信の問題があるのかと思う。その点を比較できるデータが

あれば実用の際に参考になると思う。

(阪田主査)

一先ず、技術試験の複数アプリシステムとその機能仕様(検 2-2)の内容を確認したこととする。続いて、試験結果の報告(検 2-3)について、質問、意見をお願いしたい。

(阪田主査)

すでに石原先生から、ご質問をいただいている。1回目で届いた確率と2回目でも届かなかった確率があればいいのではないか、ということであった。

(石原委員)

赤×点がついているところは、2回とも受信できない地点ということか。下りで受信できなかったのか、上りでできなかったのか。2-3の12ページにある地図の×点は下り、上りどちらなのか。

(事務局岡崎)

上りである。

(石原委員)

上りは1回しかないから、モバイルで持っているデータと照合して、そう言えるのか。下りのデータも是非ほしい。

(阪田主査)

上りは時々落ちて良いが、下りは落ちてほしくない。

(事務局岡崎)

通常はそのとおりである。途切れるのも衝突するのも全部上りである。

(阪田主査)

上りを2回送っていれば、下りはほぼ大丈夫と言えるだろう。

(事務局岡崎)

複数ユーザーの共有を前提としているので、移動局の共用、共通利用を考えている。今回紹介した3つのアプリは、下りの情報は多くない。下りが必要な場合は連続した指令でも良いと思っている。

(石原委員)

下りから送信されたものに対して、ACKは送信しているのか。上りに対してACKを送っているのか。

(事務局岡崎)

ACKは送信していない。

(石原委員)

報告を読むと、あるのかないのか良く分からない。定期的に3秒ごと送信してくるものに対してACKはなしということか。B1パケットへの応答はACK、Nackを返すのか。

(阪田主査)

B1モードはACK、Nackを返すが、B2は返さないということか。

(石原委員)

B1とB2の違いは何か。

(事務局岡崎)

種別が違うだけである。

(石原委員)

長さも同じで、時々送信するだけのようだから、基本的には同じものであると思う。

(阪田主査)

他に意見等がなければ、技術試験の報告等の議事(2)並びに議事(3)を確認したこととする。

(4)無線局制度化の検討について

阪田主査の指示により、事務局が検 2-4 に基づき説明をした。阪田主査が各委員に意見、質疑を求めたところ、次の意見等が出た。

(石原委員)

制度化をするとすると、時間的なものはどのようになるか。

(事務局岡崎)

電波法関連の規則の改正を伴うような規程化であれば、そのシステムの条件について、情報通信審議会に掛ける必要がある。新しいシステムを入れる場合は、ほとんど審議会に掛けている。特定の事業者だけが使用するものは掛ける必要はない。公衆通信系は公平に掛ける。本件は、そこまでの必要性はないと思っている。その場合は、もう少し早いスピードで検討がされると思う。いずれにしても、本件を提案して、総務省が規程の改正に取り掛かる。パブコメ等を出して承認をされるので、凡そ1年は掛かると思う。規程を改正することを前提とした調査検討会なので、総務省も承知していると思う。出来るだけ早期に実現をしたい。

(高部委員)

免許主体は、地域ごとに免許になることが主体に基本となると思うが、地域振興 MCA と近い構造になると思う。地域とはどのくらいの範囲を考えているか。

(事務局岡崎)

一般的には県域単位を考えている。大ゾーン基地局の置き方による。名古屋市が東山タワーで運用すると、どのくらいの無線共同利用者がいるか。その利用者のサービスエリアがどの程度なのか、東山タワーのゾーンで決まってくる。利用者によっては、隣のタワーも利用するかもしれない。具体的には MCA がやっているように複数の基地局を運営しているように、そのような形態になる。共同無線事業者の例として、地域振興 MCA の審査基準に書いてあるような開局が、いわゆる電波塔の運営会社とか〇〇共同無線協会を設立するが考えられる。タクシー無線ならばタクシー無線協会なりその関連団体が運営することが考えられる。運営までいかなくとも設備提供者としては、タワーの運営会社、具体的には神奈川のタクシー集中基地局の運営は株式会社田無タワーに委託している。スカイタワー西東京以外の鉄塔を使用してサービスを提供している。そのようなケースになると思う。地域振興 MCA は県単位で、県に2つあるところもあるが、今は県単位である。定義は難しいが、沖縄タワーも関心を寄せている。電波塔事業者が自ら無線局免許人になり運営を行う。端末の登録制度、レンタル制度も検討の余地がある。

(阪田主査)

他に意見がなければ、無線局制度化の検討(検 2-4)について確認したこととする。
調査について」を確認したこととする。

(5)今後の進め方について

阪田主査の指示により、事務局が検 2-5 に基づき説明をした。阪田主査が各委員に意見、質疑を求めたところ、特に意見等はなかったので、検 2-5 は確認された。

7 閉 会

司会者が、第 2 回調査検討会の閉会を告げた。

以 上

「地域自営 IoT 無線システムの社会実証に向けた技術試験」

第3回調査検討会 議事要旨

1 日 時

令和5年2月1日(水) 14:20～15:20

2 場 所

日進市民会館 2階 談話室

愛知県日進市折戸町笠寺山 62-3

3 出席者(敬称略)

(1)来 賓

北林大昌 総務省東海総合通信局 局長

(2)構成委員

【会場参加】

阪田史郎 国立大学法人千葉大学 名誉教授

鈴木秀和 学校法人名城大学 理工学部情報工学科 准教授

石原 進 国立大学法人静岡大学 学術院工学領域工学部数理システム工学科 教授

高部佳之 一般財団法人移動無線センター 東海センター長

小池幸永 株式会社サーキットデザイン 代表取締役社長

佐藤和也 新潟通信機株式会社 技術部システム開発課 主任

伊藤泰久 総務省東海総合通信局 無線通信部 部長

【オンライン参加】

岡田 啓 国立大学法人東海国立大学機構 名古屋大学 未来材料・システム研究所
システム創成部門 准教授

小澤 裕 マスプロ電工株式会社 開発部 副部長

(3)オブザーバ

加藤智之 総務省総合通信基盤局電波部 移動通信課 課長補佐

黒川理雄 総務省総合通信基盤局電波部 移動通信課 第一技術係長

岩瀬 碧 総務省総合通信基盤局電波部 移動通信課 第一技術係

久岡亜梨亜 総務省総合通信基盤局電波部 移動通信課 第一技術係

川崎昭仁 総務省東海総合通信局無線通信部 電波利用企画課 課長補佐

国井 豊 中部電子システム株式会社 執行役員 MC 事業部長

村瀬友紀 名鉄 EI エンジニア株式会社 営業部 三重支店長

浅野紘至 名鉄 EI エンジニア株式会社 営業1課 主任

鈴木 勲 名鉄 EI エンジニア株式会社 設備工事部設備工事3課 主任

4 配付資料

- 検 3-1 「地域自営 IoT 無線システムの社会実証に向けた技術試験」第 2 回調査検討会議事要旨(案)
- 検 3-2 「地域自営 IoT 無線システムの社会実証に向けた技術試験」公開社会実証試験
- 検 3-3 無線局制度化の検討
- 検 3-4 今後の取りまとめについて
- その他 「地域自営 IoT 無線システムの社会実証に向けた技術試験」報告書(案)

5 開 会

(司会者：事務局岡崎)

(1)開会宣言

司会者が第 3 回調査検討会の開会を述べた。

(2)配付資料の確認等

司会者が配付資料の確認をした。引き続き、司会者が次のことを述べた。

Web 出席いただいている 2 名のうち、岡田委員については、昨日、実証試験のリハーサル検証にお出でいただき、試験の結果と本日の議案についてご意見を伺っている。また、本日、議事終了後、総務省東海総合通信局長の北林様にご挨拶をいただくことになっている。

6 議 事

(1)第 2 回調査検討会議事録の確認

阪田主査の指示により、事務局が検 3-1 に基づき説明をした。阪田主査が各委員に発言内容の確認を求めたところ、特に意見はなく議事録は確認された。

(2)第 3 回技術試験(公開社会実証試験)について

(阪田主査)

各委員には、先ほど、公開社会実証試験をご覧いただいた。試験結果について、ご意見や感想を伺いたい。

(石原委員)

アプリケーションとしては良くまとまっている。やろうとしていることは良く分かった。前提としては、今回はトラフィックがそれ程多くないという前提で取りまとめ、その形の中では良く出来ている。1 つの共用周波数のシステムの中で、提供可能なことが報道の方々にお伝え出来たと思う。他の先生方と話をしたが、実用化しようとした時は、通信路の輻輳の問題が避けられないという点がある。今回の検討会では放置されていた問題であるが、必ず後から出てくる問題なので、そこを十分ケアする必要がある。

(高部委員)

デモンストレーションは大変分かり易かった。それぞれ 3 つのアプリケーションが、それぞれ有効性を持って実証されている。今後、日進市をはじめ、自治体等で利用していけば良いと思う。先

ほどのデモンストレーションにおいて、岡崎専務理事が報道に言っていたが、DX化とされている中で、中小事業者のDX化を具体化していく場合、どのようにしたらいいか、サーバーを設置するような大掛かりなシステムに取り込んでいくよりも、共同利用型で、パソコンが1台か2台あれば出来るDXもあるということを示された。

DX化の全国的レベルアップを図るという意味でも、実用化が必要である。今後は、制度化を図って、具体的な実現化をしていただければ言うことはない。

(小池委員)

大変興味深く、公開試験を拝見した。この図でいうと、システム中央装置をすべてのタイプで共用するという事か。セルが大きいので収容局数が減ってしまう。最近、IoTでアストロキャストルとか、衛星を使用してLバンドで、スピードは遅いが広域をカバーするサービスが始まった。評価する場合は、その点を加味して進めていただければと思う。

(佐藤委員)

試験は大変興味深く拝見した。3つの業種が、地図上にランドマーク、集積場所、バス停プロットされていたが、ごみ収集の場合は、数が多くて通信の量としてはならせない。かなり細かく取らなければいけないのかと拝見した。システムごとの使用するデータ量、電波の占有量をどのようにコントロール、公平に分配するのか、今後の課題となるのではと感じた。

(伊藤委員)

3つのアプリケーションを分かりやすく表記できたと思う。今後、この成果をどのように生かしていくか。これを事例としながら、無線設備だけでなくアプリケーションも使用して一式として見ていただければと思った。ソフトウェアの開発は、一般的には難しくはないと思うが、導入するインターフェース、どのような機能で、どのような動きをするか、必要になってくる、当然、見積もりを立ててやっていかなければならない。

ソフトウェアを一体としたものとして示していければいいのかと思う。本事例は、なかなか良いものなので、どんどん示していければいいと思う。

(鈴木副主査)

当初から目的を伺って、計画どおり、バス、ごみ収集、タクシーと異なるアプリケーションを同時に動くということを実証されている点では、一つクリアしている。アプリ系は、非常に分かりやすく、デモンストレーションされていた。すでに、石原委員や小池委員からお話があったが、この技術の特徴としては、大ゾーンである、それを共用することが特徴である。多数の移動局が入ってきた時、アプリケーションとして、サービスとして提供が出来るのか、課題になると思う。今後は、移動局の数を、難しいと思うが、増やしていくとか、現実には中小規模の企業、地方自治体の導入を想定した実フィールドの検証が必要であると考え。それをやることによって、実際に、この技術が実用に耐えうるものを示していくことが必要と思った。

(阪田主査)

今後の展開としては、都市、郊外、適用する場所のいろいろな条件によって、それに応じたカスタマイズに持っていくことが課題であると思う。例えば、電波塔(基地局)がしかるべきところに設置できているか。本実験では1/10秒をタイムスロットとして30で回している。適応する場所によって、上り、下りがあるので20数端末で終わってしまう。地域によっては3秒でなくてもいい

から、もっと台数を入れてほしいとか、逆に3秒にしておいて時間を短くする、1/10秒、30というパラメータをソフトウェアでカスタマイズ出来ればいいと思った。

ただ今、各委員から出た意見を踏まえて、試験結果の取りまとめをしてください。

(事務局補強説明) ※議事録整理のための追加説明

今回の試験アプリケーションでの移動局の発呼(位置登録)は、3秒ごとの発呼としているが、バス停通過通知、ゴミ収集作業完了通知等の発呼については、30秒ごとの発呼でも十分だと考えられる。逆に言えば、そうした発呼間隔の長い通信アプリケーションを収容した共用システムを前提としていることから、数秒以下間隔の動態走行管理を狙ったシステムではありませんが、収容能力の検証と検討は当然、必要と考えています。

(3)地域自営 IoT 無線局の制度化案について

阪田主査の指示により、事務局が検3-3に基づき説明をした。阪田主査が各委員に意見、質疑を求めたところ、特に意見等はなく検3-3は確認された。

(4)今後の取りまとめについて

阪田主査の指示により、事務局が検3-4に基づき説明をした。阪田主査が各委員に意見、質疑を求めたところ、次の意見等が出た。

(石原委員)

制度化のところでも疑問を持ったが、制度化及び周波数割当てを求めていく場合、どのくらいのチャンネルをどのくらいの帯域幅で取っていくのか、必ず話題にでる。最初のコメントで申し上げたとおり、広いカバレッジを使うとなると輻輳が問題となり、そうなると境界地域のチャンネル評価とかが気になるはずである。どのようにチャンネルレイアウトをするのかが、かなり難しい問題となる。どのくらいのチャンネル数を確保して、どのように配置していくのか、イメージがあったら共有しておきたい。

(事務局岡崎)

資料の検3-3において、8ページに割当周波数の項目がある。収容能力、あるいは需要概要を幅広く聞いても、最初から、多くの周波数を提案(要望)すると総務省がすぐには割当してくれない恐れがある。最初は少しずつ要望し、社会的に本システムが評価された時点で増波を要望したい。最初の割当周波数は、基地局が450.2375MHz~450.8625MHz、移動局は同じ幅の帯域である。占有周波数帯域幅は125kHzなので5波となる。本周波数はタクシー無線のアナログバンドで、返波したもので、現在、使用していない。適用条項に書いてあるとおり、将来的には更に広げて、450.30MHz~451.5MHzの9波分を提案する。周波数ポイントについては、総務省と相談していく。また、どのくらいの需要があるか、動向を見ながら、9波まで広げていく。それ以上のことを現時点で心配していると、割当がすぐに決まらず、制度化(導入)が動かなくなる。

(阪田主査)

他に意見がなければ、検3-4は確認したこととする。引き続き、具体的な報告書案及び今後のスケ

ジュールについての説明を事務局に指示した。

(事務局岡崎)

本日、提言案について提案できなかった。技術試験が終わった後、速やかに、ただ今口頭で説明したことを含めて、提言案をまとめたい。各委員には書面で提案させていただく。それと併せて、個別ヒアリングを実施したい。名古屋地区では、名古屋周辺の委員の方のところを個別に回って意見を聞くこととする。最終的には主査一任ということで、最終報告書の取りまとめを行いたい。

(阪田主査)

本日の審議は終了となるが、全体を通して意見等はあるか。

各委員に意見がなければ、事務局、何かあるか。

(事務局岡崎)

来年度、4月以降、先ほど紹介した地域デジタル基盤活用の新規事業を活用して、全国各地で進めたい。そのようなユーザーがあれば、是非、教えていただきたい。すでにどこかが実施しているコピーでは駄目である。少しアプリケーションを変えたもので、応募する必要がある。使用する通信システムは新しい技術として認識されているので、十分通ると思う。

(阪田主査)

他になれば、議事の審議を終わりとする。

7 来賓挨拶

司会者が総務省東海総合通信局長・北林大昌様を紹介し、北林局長が挨拶を述べた。

(要旨)

地域自営 IoT 無線システムの社会実証実験に向けた第1回調査検討会の最終回にあたり一言、ご挨拶を申し上げます。

今年度の検討会は、昨年7月、ちょうど私が着任をしてすぐであった。その時から、技術試験は2回で、本日は公開試験であった。会合については、本日を含めて3回の会合ということになり、本当に皆様におかれては、大変ご多忙の中、当調査検討会で活発なご議論をいただき、お礼申し上げます。主査として検討会をリードしていただいた阪田先生をはじめ各委員の皆様には、この場をお借りしてお礼申し上げます。

さて、昨年度の調査検討会で、すでに報告書をまとめていただいている。今年度の調査検討会は、地方都市において、より低コストで多数の様々な業態にも対応できるようなデータ通信ネットワークに対する多くのニーズに対して、名古屋市や日進市にもご協力をいただき、実際にネットワークを構築し、バス、タクシー、ごみ収集車を走らせて利用の評価や技術検証なども行っていただき、社会実装に向けて提言を行ってくださるようである。今日、聞くところによると、これから先生方に提言をまとめていただくために、ご尽力を賜るようである。重ねてお礼申し上げます。

今後、検討会でまとめていただいた提言を踏まえ、総務本省になるが制度化に向けて、更に詳細な検討を進めさせていただく。提言をいただくデータ通信ネットワークが、低コストで社会実

装され、地方都市で実際に、岡崎専務理事から話があったが、様々な業態にも柔軟に利用されるような形で企業や社会のDX等の推進にも、大いに寄与することを期待している。

最後に、改めて委員の皆様これまでの活発なご議論に感謝を申し上げるとともに、東海の地に、今まで様々なご検討をいただいた新たなデータ通信ネットワークの誕生を目指して、引き続きのご協力をお願い申し上げ、御礼の挨拶とする。

8 閉 会

司会者が、第3回調査検討会の閉会を告げた。

以 上