

小型無人機の飛行位置把握に係る 無線システムの調査検討

報 告 書

平成 30 年 3 月

小型無人機の飛行位置把握に係る無線システムの調査検討会

目次

| | |
|---|-----------|
| 1. 調査検討の概要 | 1 |
| 1.1 調査検討の背景と目的..... | 1 |
| 1.2 調査検討項目..... | 1 |
| 2. 小型無人機の利用形態と通信ニーズ調査 | 3 |
| 2.1 調査の目的と概要..... | 3 |
| 2.1.1 調査目的..... | 3 |
| 2.1.2 調査概要..... | 3 |
| 2.2 国内事業者の取組みと飛行位置把握のニーズ..... | 4 |
| 2.2.1 国内事業者の取組み..... | 4 |
| 2.2.2 小型無人機による目視外飛行の主な利用形態..... | 10 |
| 2.2.3 無線通信の利用・検討状況と課題..... | 12 |
| 2.2.4 飛行位置把握システムの利用形態とニーズ..... | 13 |
| 2.3 400MHz 帯を利用した新たな飛行位置把握システムのニーズ..... | 14 |
| 2.4 まとめ..... | 16 |
| 3. システム要件の検討 | 17 |
| 3.1 はじめに..... | 17 |
| 3.2 システム要件の検討..... | 18 |
| 3.3 無線機諸元..... | 21 |
| 3.3.1 変調方式に関する技術検討..... | 21 |
| 3.3.2 無線機諸元..... | 24 |
| 3.4 400MHz 帯ドローン位置把握システムの全体構成..... | 25 |
| 4. 周波数共用検討 | 27 |
| 4.1 周波数共用検討の対象とする無線システム..... | 27 |
| 4.2 共用検討..... | 29 |
| 5. 実証試験 | 45 |
| 5.1 実証試験の目的..... | 45 |
| 5.2 実証試験の概要..... | 45 |
| 5.3 プロトタイプ的设计及び作成..... | 45 |
| 5.3.1 無線設備系統図..... | 46 |
| 5.3.2 システム系統図..... | 46 |
| 5.3.3 全体構成..... | 46 |
| 5.4 電波伝搬測定試験..... | 49 |
| 5.5 技術検証試験..... | 54 |
| 5.5.1 総遅延時間..... | 54 |

| | |
|--|-----------|
| 5.5.2 飛行位置・速度の測定能力及び誤差 | 57 |
| 5.5.3 同一エリア内複数機の周波数共用 | 61 |
| 5.6 公開実証試験..... | 63 |
| 5.7 実証試験まとめ..... | 68 |
| 6. 技術的条件の策定 | 69 |
| 7. 関連するその他の検討事例..... | 70 |
| 7.1 国土交通省「無人航空機の目視外及び第三者上空での飛行に関する検討会」 | 70 |
| 7.2 RemotelD に関する検討事例..... | 71 |
| 7.2.1 FAA における無人航空機向け Remote ID の検討 | 71 |
| 7.2.2 DJI による Remote ID の取組み | 72 |
| 8. 飛行位置把握システムの利用方法等の提言 | 74 |
| 8.1 飛行位置把握システムの利用方法..... | 74 |
| 8.2 飛行位置把握システムの普及展開方策 | 75 |
| 9. まとめ..... | 77 |
| 9.1 飛行位置把握システムのシステム構成及び技術的条件..... | 77 |
| 9.2 飛行位置把握システムと近接する無線システムとの周波数共用 | 79 |
| 9.3 飛行位置把握システムの利用方法の提言 | 80 |
| 資料編 | 81 |
| 資料 1 小型無人機の飛行位置把握に係る無線システムの調査検討会 開催趣旨 | 81 |
| 資料 2 小型無人機の飛行位置把握に係る無線システムの調査検討会 設置要領..... | 82 |
| 資料 3 小型無人機の飛行位置把握に係る無線システムの調査検討会 委員構成..... | 83 |
| 資料 4 検討経過報告..... | 84 |
| 資料 5 共用検討（計算に用いた諸元） | 85 |
| 資料 6 共用検討（自由空間モデルの計算過程） | 86 |
| 資料 7 共用検討（奥村－秦モデルの計算過程） | 89 |

目次

| | | |
|--------|--|----|
| 図 2-1 | 飛行ルート | 4 |
| 図 2-2 | 無人機による配送の流れ | 5 |
| 図 2-3 | 石垣市における固定翼ドローンの離島間飛行実証の様子 | 6 |
| 図 2-4 | 飛行ルート | 6 |
| 図 2-5 | 機体イメージ | 7 |
| 図 2-6 | KAZAMIDOR システム構成図 | 8 |
| 図 2-7 | 試験基地局サービスエリア | 8 |
| 図 2-8 | 飛行ルートイメージ | 9 |
| 図 2-9 | 3次元インフラ情報の整備 | 9 |
| 図 2-10 | 誘導プラットフォームの開発 | 10 |
| 図 2-11 | ドローンポートの開発 | 10 |
| 図 2-12 | 物流用途における運用イメージ | 11 |
| 図 2-13 | インフラ・施設点検、監視用途における運用イメージ | 11 |
| 図 2-14 | 災害用途における運用イメージ | 12 |
| 図 3-1 | AD 社 ADF7021F のシンボル例 (公表値) | 22 |
| 図 3-2 | 試験装置波形 | 23 |
| 図 3-3 | SG 波形 | 24 |
| 図 3-4 | 400MHz 帯ドローン位置把握システム全体構成 (ドローン搭載用、地上局受信用、有人ヘリ搭載用：全て同一モジュールで構成可能) | 26 |
| 図 3-5 | タブレット PC 表示画面の例 | 26 |
| 図 4-1 | 400MHz 帯周波数の使用状況 | 29 |
| 図 4-2 | 同一波干渉概念図 | 29 |
| 図 4-3 | 隣接チャネル干渉概念図 | 30 |
| 図 4-4 | 帯域外干渉概念図 | 30 |
| 図 4-5 | 「本システム→既存システムへの干渉」計算結果 (1/2) | 33 |
| 図 4-6 | 「本システム→既存システムへの干渉」計算結果 (2/2) | 34 |
| 図 5-1 | 無線設備系統図 | 46 |
| 図 5-2 | システム系統図 | 46 |
| 図 5-3 | 送信システム (小型無人機側) | 48 |
| 図 5-4 | 受信システム (地上側) | 48 |
| 図 5-5 | 電波伝搬測定試験系統図 | 49 |
| 図 5-6 | 無線機設置状況 | 50 |
| 図 5-7 | 小型無人機へのアンテナ設置状況とアンテナ指向性パターン | 50 |
| 図 5-8 | 宮城県仙台市宮城野区における測定代表地点 | 51 |
| 図 5-9 | 電波環境測定結果 | 52 |
| 図 5-10 | 測定結果と奥村・秦カーブとの対応 | 53 |
| 図 5-11 | 測定地点の状況 | 54 |
| 図 5-12 | 総遅延時間試験における試験系統図 | 55 |
| 図 5-13 | 総遅延時間試験結果 | 56 |

| | | |
|--------|--|----|
| 図 5-14 | 飛行位置・速度の測定能力及び誤差試験における試験系統図 | 57 |
| 図 5-15 | GPS センサーデータの測定例（地面の上に置いた状態で右下GPS配置において:衛星数 11機 水平誤差 1.8m 垂直誤差 3.1m、速度誤差 0.3m/s (1.08Km/h)） | 58 |
| 図 5-16 | GNSS センサーデータの測定例（地面の上に置いた状態で右下GNSS配置において:衛星数 23機 水平誤差 1.0m 垂直誤差 1.6m、速度誤差 0.01m/s (0.036Km/h)） | 59 |
| 図 5-17 | 飛行位置・速度の測定能力及び誤差試験結果（時速 50km まで） | 60 |
| 図 5-18 | 飛行位置・速度の測定能力及び誤差試験結果（時速 100km まで） | 60 |
| 図 5-19 | 公開実証試験の系統図 | 63 |
| 図 5-20 | 試験会場 | 63 |
| 図 5-21 | 使用機器一覧 | 64 |
| 図 5-22 | 機器配置 | 65 |
| 図 5-23 | 試験（近接飛行）手順概要 | 66 |
| 図 5-24 | 試験場所及び実施風景写真 | 67 |
| 図 7-1 | DJI による Remote ID の概要 | 73 |

表目次

| | | |
|-------|-------------------------------|----|
| 表 2-1 | 国内事業者ヒアリング対象 | 3 |
| 表 2-2 | 小型無人機の位置把握を実現するシステム等の比較..... | 15 |
| 表 2-3 | 本システムの利用シーンと求められる要件 | 16 |
| 表 3-1 | T1 社 CC1101 のシンボル例（公表値） | 21 |
| 表 3-2 | 各社シンボル例を同等数値に変換し比較 | 22 |
| 表 3-3 | デバイス調査まとめ | 22 |
| 表 3-4 | 無線機諸元 | 25 |
| 表 4-1 | 無線機諸元 | 27 |
| 表 4-2 | 共用検討周波数帯の既存システム | 28 |
| 表 5-1 | システム構成 | 47 |
| 表 5-2 | 測定代表地点における測定結果 | 52 |
| 表 5-3 | 本システムの出カログ | 62 |
| 表 5-4 | 機器配置の詳細 | 65 |
| 表 6-1 | 技術的条件 | 69 |
| 表 8-1 | 飛行位置把握システムの利用方法 | 74 |
| 表 9-1 | 主なシステム要件 | 77 |
| 表 9-2 | 技術的条件 | 78 |
| 表 9-3 | 飛行位置把握システムの利用方法 | 80 |

1. 調査検討の概要

1.1 調査検討の背景と目的

近年、災害対応や物流分野（宅配）等においてドローン・ラジコン機等の小型無人航空機（以下、「小型無人機」という。）の利活用に向けた実証試験が行われており、今後、自律飛行による見通し外での長距離飛行のニーズが高まるものと考えられる。

このため、見通し外において小型無人機の飛行位置等をリアルタイムに把握するための飛行位置表示システムが求められおり、長距離伝送に適した 400MHz 帯の周波数を利用した新たな無線システムについて、その導入に向けた基本的なシステム構成や技術的条件等の検討を行った。

1.2 調査検討項目

次に掲げる項目について調査検討を行い、その結果を取りまとめた。

なお、本調査検討にあっては、東北総合通信局 無線通信部 企画調整課（以下、「主管課」という。）で開催する調査検討会（以下、「調査検討会」という。）の意見等を踏まえて実施した。

(1) 小型無人機の利用形態と通信ニーズ等の把握

国内外で使用されている小型無人機について以下の項目を調査し、その結果を取りまとめた。

- (ア) 小型無人機の種類、機能、利用状況を踏まえて、今後の見通し外での長距離飛行、自律飛行の利活用動向等について
- (イ) 小型無人機の通信に関する現状と見通し外での長距離飛行に向けた無線システムの導入動向及び飛行位置情報などのニーズ等について
- (ウ) 小型無人機の飛行位置等を把握するための無線システムに求められる要件について
小型無人機の飛行位置等を地上でリアルタイムに把握するための無線システム（以下、「飛行位置把握システム」という。）に求められる要件については、上記(ア)及び(イ)の調査結果を踏まえた上で、400MHz 帯の周波数事情、無線機器の製造の容易さ（低廉化・小型化・省消費電力化等）を勘案しとりまとめた。

なお、「飛行位置把握システム」には次の機能が含まれるものとする。

- A) 飛行位置情報等を計測する機能
- B) 計測した情報（信号）を伝送する機能
- C) B)の情報を地上で受信する機能
- D) C)で受信した情報を表示する機能

(2) 飛行位置把握システムに関する検討

飛行位置把握システムの構成等を上記(1)(ウ)の要件を踏まえて検討した上で、試験用の装置を作成し、これを用いた伝搬特性等の実測調査や動作確認等を行った結果をもとに、以下

の観点から、当該システムの技術的条件等を取りまとめた。

- (ア) 異なるユーザーの小型無人機が広域飛行エリアを同時に複数機が飛行することを想定し、飛行位置把握システムの概要、運用形態、災害・非常時の利用等について、その利便性や必要性などを整理するとともに、幅広い利用シーンを勘案して検討すること。
- (イ) 具体的な周波数及び導入に必要な基本的システム構成、技術的条件について、400MHz帯の周波数利用状況、他の無線局との周波数共用条件等を勘案して検討すること。
(設備・ハード面の検討: 周波数、空中線電力、占有周波数帯幅、変調方式、デバイス、送信時間・通信量、ドローン側・地上側で装備する設備の詳細 等)

(3) 上記(2)の検討にあたっては以下の事項に留意した。

- (ア) 検討する周波数帯は 400MHz 帯とし、占有周波数帯幅は 25kHz 以下とする。
- (イ) 飛行位置を把握できるカバー範囲は地上地点を中心として半径 10km 程度までの範囲の上空とする。なお、小型無人機の高度毎の伝搬特性を調査し、高度毎の伝送可能距離を把握すること。
- (ウ) 飛行位置は緯度・経度・海拔高度とする。
- (エ) 飛行位置データは小型無人機が水平・垂直共 100km/h 以上の移動時でも計測できることとする。
- (オ) 同一エリア内（半径 10km 内）において、同一周波数で運用可能となる小型無人機の機体数は 10 機以上とする。
- (カ) 把握したすべての小型無人機の飛行位置をパソコン等の地図上に表示できるものであること。なお、この場合の小型無人機からの位置情報の送信から表示までに係る遅延時間は 1 秒以下（バースト信号の衝突による遅延は含めない。）とする。
- (キ) 小型無人機の飛行位置の誤差は 10m 以下とし、誤差が大きい場合には飛行位置の精度をあげるための補正信号の使用についての検討を併せて行うこと。
- (ク) 小型無人機から送信される飛行位置等のデータの型式及び構成にあつては、小型無人機の飛行管理を行う機関等との接続(データ交換)の可能性を勘案して設定すること。

2. 小型無人機の利用形態と通信ニーズ調査

2.1 調査の目的と概要

2.1.1 調査目的

小型無人機の飛行位置把握システムの利用シーンやニーズを整理することを目的として、以下の調査を実施した。

- 小型無人機の見通し外での長距離飛行、自律飛行の利活用動向等
- 小型無人機の通信に関する現状と見通し外での長距離飛行に向けた無線システムの導入動向及び飛行位置情報などのニーズ等
- 小型無人機の飛行位置等を把握するための無線システムに求められる要件

2.1.2 調査概要

国内事業者の取組みと飛行位置把握のニーズについて、文献・インターネット調査等に基づく調査を実施した。加えて、国内事業者に対するヒアリング調査を行い、飛行位置把握システムへのニーズを整理した。ヒアリング対象とした国内事業者を表 2-1 に示す。

また、飛行位置把握を実現する各種手法との比較から、400MHz 帯を使用する飛行位置把握システムのニーズを整理した。

表 2-1 国内事業者ヒアリング対象

| ヒアリング対象 | 小型無人航空機の利用概要 |
|--------------|--|
| スカイマティクス | 農業（画像取得と生育状況等の解析、農薬散布）、インフラ点検、建設現場測量 等 |
| エアロセンス | 建設現場測量、物流 等 |
| アマゾン | 物流 |
| 楽天 | 物流 |
| かもめや | 物流 |
| 東京電力ホールディングス | 小型無人航空機の専用空域提供（ドローンハイウェイ）、インフラ点検（送電線等） |

以上の調査結果を踏まえ、小型無人機の飛行位置等を把握するための無線システムに求められる要件を整理した。

2.2 国内事業者の取組みと飛行位置把握のニーズ

2.2.1 国内事業者の取組み

本調査において、以下の事業者について調査を行った。

- 楽天株式会社
- エアロセンス株式会社
- 株式会社かもめや
- 東京電力ホールディングス株式会社

以降にて各事業者における取組みを示す。

(1) 楽天株式会社

楽天（株）では、一般消費者向けのドローン配送サービス「そら楽」の実証試験及び地域限定サービス等を実施している。

1) 千葉市におけるドローン配送システム実証

楽天（株）、（株）自律制御システム研究所及び（株）NTTドコモは、国家戦略特区である千葉市にて、LTEを活用したドローンによる配送システムの実証実験を実施した。具体的には、LTE通信網を活用し、東京都世田谷区にある楽天本社から飛行指示を送信（楽天本社からドローンまでの距離は約40km）し、指示を受け取ったドローンが自動飛行で700m離れた稲毛海浜公園プールの受取所まで荷物を配送した。本実証実験における飛行ルートを図2-1に、無人機による配送の流れを図2-2に示す。



図 2-1 飛行ルート

出所) 東京圏国家戦略特別区域会議 千葉市ドローン宅配等分科会 (第2回) ドローン飛行デモンストラ
ーションの概要



図 2-2 無人機による配送の流れ

出所) 東京圏国家戦略特別区域会議 千葉市ドローン宅配等分科会 (第2回) ドローン飛行デモンストラーションの概要

2) 南相馬市におけるドローン配送試験運用

楽天(株)と(株)ローソンは、ローソン南相馬小高店を拠点に、専用車両による移動販売とドローンによる商品配送を連携させた取り組みを2017年10月31日から開始すると発表している。具体的には、同店舗を拠点に週1回限定で、移動販売車両では積み込めない温度管理の必要な商品の注文を受けた際、楽天ドローンを用いて店舗から移動販売先へ配送するという取り組みであり、試験運用は半年間程度を予定している。なお、店舗から移動販売先までの距離は約2.7kmで飛行時間は約7分かかるとしており、ドローンは、安全のために主に近くの河川上空を飛行する。また、一度に運べる商品は約2kg程度以内としている。

(2) エアロセンス株式会社

エアロセンス(株)では、固定翼ドローンを用いた離島間飛行及びへき地における宅配実験を行っている。

1) 石垣市における固定翼ドローンの離島間飛行実証

エアロセンス(株)と石垣市は、2017年3月4日に石垣市において将来的な物資輸送及び広範囲な測量や点検を想定した飛行実験を自社製の自律飛行・垂直離着陸型の固定翼ドローン(VTOL)で実施し、成功している。具体的には、VTOL飛行実験は、竹富島の港湾から石垣島の海岸に向け、約5キロの区間で行われ、離陸から着陸まで全行程を自律飛行で行い、検証目的である長距離輸送を見据えた離島間の飛行に問題ないことを確認した。なお、本実証における飛行距離は5167.8m、飛行時間(ホバリング時間を除く)は210.6秒、平均飛行速度は24.5m/秒であった。石垣市における固定翼ドローンの離島間飛行実証の様子を図2-3に示す。



図 2-3 石垣市における固定翼ドローンの離島間飛行実証の様子

出所) エアロセンスプレスリリース

2) へき地におけるドローン宅配実験

「へき地等における宅配サービス向上」の可能性を検証するため、佐川急便(株)を始めとする関係者とともにドローンを活用した実証実験を実施し、2016年11月16日、福岡県北九州市の山間部において200g程度の物資(消毒液、ガーゼ等)の輸送に成功している。なお、本実験における飛行距離は約1.2km、飛行時間は約7分であった。本実験における飛行ルートを図2-4に、使用した機体イメージを図2-5に示す。



図 2-4 飛行ルート

出所) エアロセンスプレスリリース



図 2-5 機体イメージ

出所) エアロセンスプレスリリース

(3) 株式会社かもめや

(株)かもめやは、さくらインターネット(株)が提供する IoT プラットフォームの 920MHz 帯通信モジュールテスト版をアクセス手段として使用した無人機運航管理通信システムの実証実験を開始している。この通信インフラは、かもめやが推進する「陸」「海」「空」無人物資輸送機を組み合わせた、次世代「島国型」ハイブリッド無人物流プラットフォーム（「KAZAMIDORI」）における、無人機とオペレーションセンター間の通信を担うものであり、2020 年の無人物流サービスの実現に向けて、今年度中に香川県沖の離島 6 島に試験基地局を設置する予定である。

具体的なサービス内容としては、無人機運航に関わる気象観測データ、その他の海上・離島におけるセンサデータ（風速・風向・気温等）の収集から提供まで一貫したサービスを提供予定としている。なお、同社はこれまでに 8km 離れた離島への 1kg の物資輸送、10km 離れた離島への 500g の物資輸送（往復 20km）等の実証に成功している。

KAZAMIDORI のシステム構成図を図 2-6 に、試験基地局のサービスエリアを図 2-7 に示す。

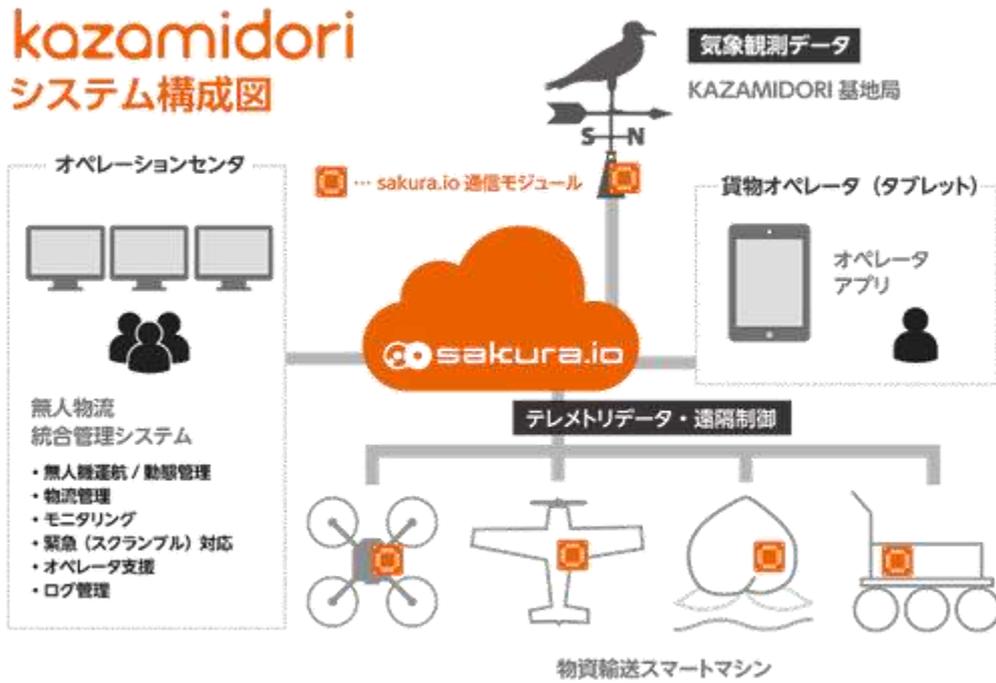


図 2-6 KAZAMIDOR システム構成図

出所) かもめやウェブサイト



図 2-7 試験基地局サービスエリア

出所) かもめやウェブサイト

(4) 東京電力ホールディングス株式会社

東京電力HD(株)と(株)ゼンリンは、東京電力グループが保有する変電所、送電鉄塔・電柱、架空送電線などのインフラデータと、ゼンリンが開発を進める空域情報を3次元化した“空の3次元地図”を組み合わせ、2019年度の「ドローンハイウェイ構想」の実現に向けて取組みを開始している。取組みの概要を以下に示す。

- ① 送電鉄塔・架空送電線といったドローンの飛行における障害物となるインフラ設備の3次元データベースを整備・提供
- ② インフラ設備の3次元データベースを用い、設備点検場所までドローンを誘導する技術を共同開発
- ③ 電力設備との衝突を避けつつも、地上に張り巡らされた電力ネットワークを「空から見える道しるべ」として活用することにより、目的地まで中長距離の安全・安心な自律飛行を支える空域「ドローンハイウェイ」を実現
- ④ 機体の充電や点検・整備・修理サービスを提供する、「ドローンハイウェイ」に付帯する「ドローンポート」を整備

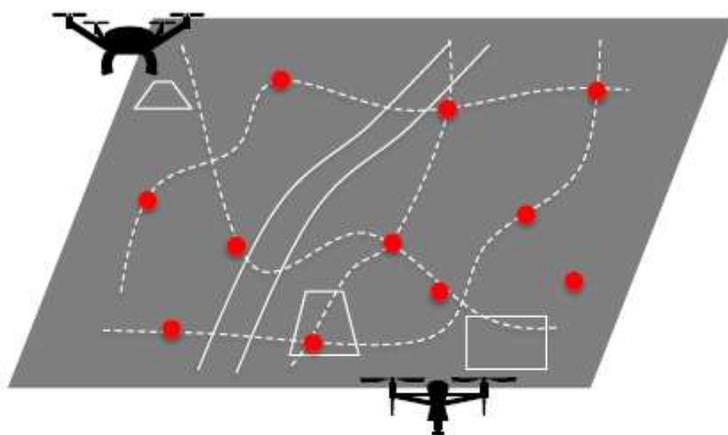


図 2-8 飛行ルートイメージ

出所) 東京電力資料「「ドローンハイウェイ構想」の実現に向けて

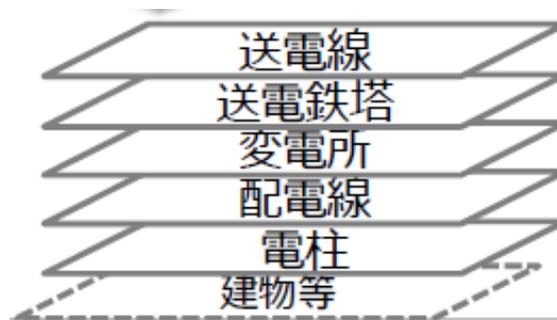


図 2-9 3次元インフラ情報の整備

出所) 東京電力資料「「ドローンハイウェイ構想」の実現に向けて

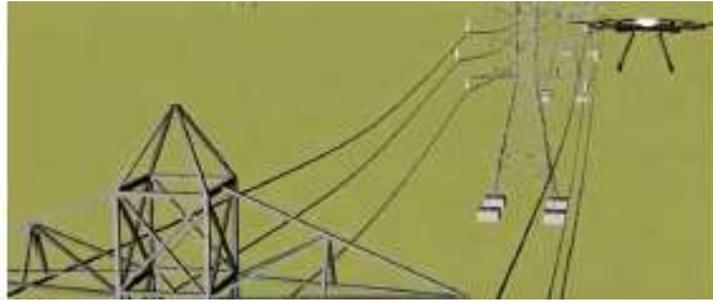


図 2-10 誘導プラットフォームの開発

出所) 東京電力資料「「ドローンハイウェイ構想」の実現に向けて



図 2-11 ドローンポートの開発

出所) 東京電力資料「「ドローンハイウェイ構想」の実現に向けて

2.2.2 小型無人機による目視外飛行の主な利用形態

小型無人機による目視外飛行の主な利用形態としては、「物流用途」、「インフラ・施設点検、監視用途」及び「災害用途」に分けられる。以降では、それぞれの用途について詳述する。

(1) 物流用途

物流用途では、拠点間の輸送（離島間、大型物流センターから小型センター、小売店舗から臨時店舗、拠点から指定受取所 等）や配送先への輸送（自宅、マンション 等）が考えられる。小型無人機は、顧客注文を受けて発送拠点で指示、もしくは遠方の指令拠点で指示され、予めプログラムされた飛行経路に沿って自動操縦される。現在実証されている飛行距離は、数 km～10km 程度であるが、将来的には（目視外飛行となることから、別の安全基準等の適用が必要となるが）数 10km もしくは 30～50km 程度飛行することが想定されている。

物流用途における運用イメージを図 2-12 に示す。

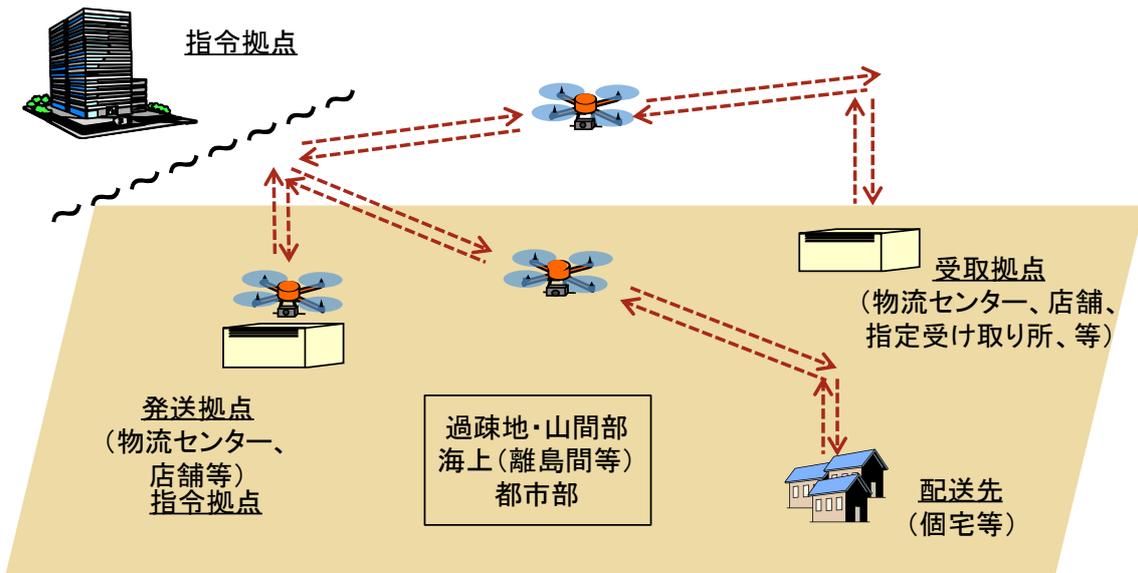


図 2-12 物流用途における運用イメージ

出所) 三菱総合研究所作成

(2) インフラ・施設点検、監視用途

インフラ・施設点検、監視用途では、広域インフラ（送電線、道路等）の点検、山間部や離島、海上等の施設点検を上空からの画像取得等によって行われることが想定される。小型無人機の飛行方法としては、点検対象に応じて経路設定された自動操縦、あるいはプロポによる手動操縦も想定される。現状での飛行距離は、通信距離や飛行性能に依存しているが、可能な限り長距離飛行することが望まれている。

インフラ・施設点検、監視用途における運用イメージを図 2-13 に示す。

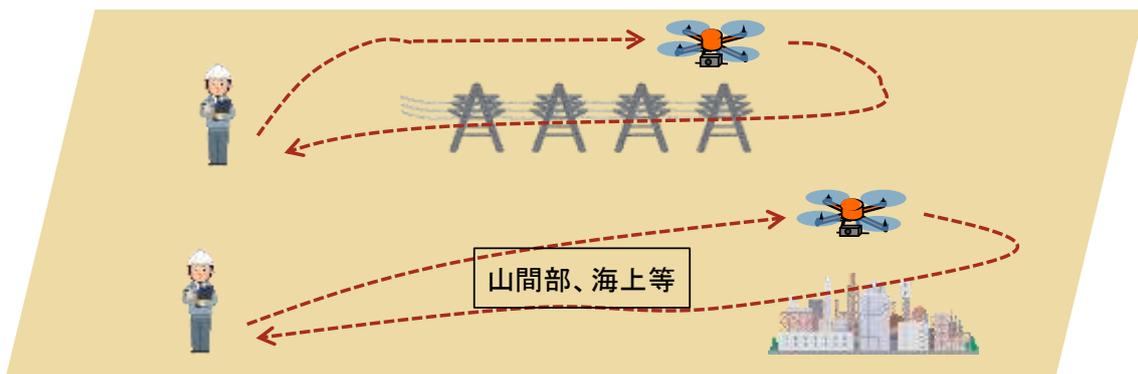


図 2-13 インフラ・施設点検、監視用途における運用イメージ

出所) 三菱総合研究所作成

(3) 災害用途

災害用途では、上空からの画像取得により被災状況把握、捜索・救助支援、報道用映像取得及びインフラ被害把握が可能である。また、被害者向け物資輸送や臨時基地局として携帯電話の中継にも活用されることが想定される。小型無人機の飛行方法及び距離については、災害種類、用途、運用者により様々な飛行経路や方法が想定される。

災害用途における運用イメージを図 2-14 に示す。

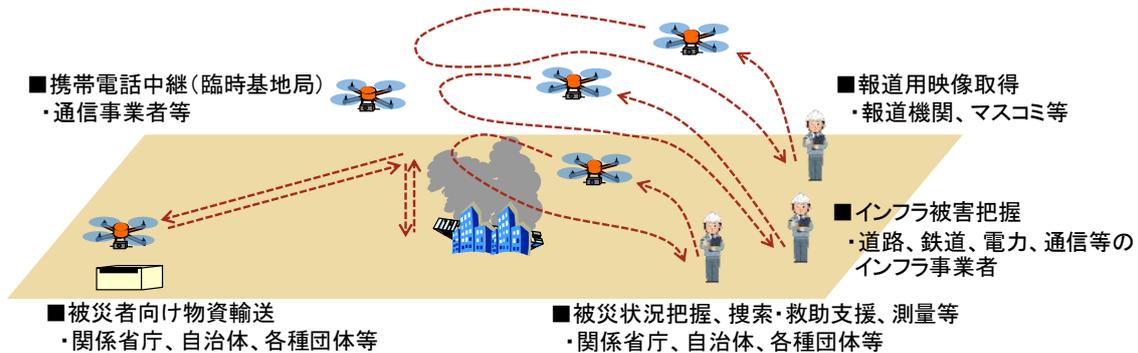


図 2-14 災害用途における運用イメージ

出所) 三菱総合研究所作成

2.2.3 無線通信の利用・検討状況と課題

主な通信手段としては、920MHz 帯(特定小電力)、2.4GHz 帯(特定小電力)及び LTE 通信が挙げられる。

(1) 920 MHz 帯(特定小電力)

920 MHz 帯(特定小電力)は、飛行前のコマンド・経路設定や飛行中の緊急時コマンド等のコマンド送信用途として利用されると共に、位置、モータ出力及び IMU 状態(慣性装置からのデータ)等を把握するためのテレメトリ受信用途として利用されている。通信距離は 3~7km 程度であるため、通信距離の制限があること及び情報伝送量の制限があることが課題となっている。

(2) 2.4GHz 帯(特定小電力)

2.4GHz 帯(特定小電力)は、920MHz 帯よりも伝送量が多く、コマンド送信及びテレメトリ受信用途に加え、機体カメラの撮影映像を受信することが可能である。一方で、通信距離は 2~3km 程度であるため、通信距離の制限が課題となっている。

(3) LTE

LTE は現在、コマンド送信・テレメトリ受信、映像受信等の実証試験を実施中であり、加えて LTE カバレッジ内における広域利用が検討されている。LTE 通信に対しては、過疎地や海上など LTE カバレッジ外での飛行ニーズがあるものの、現時点ではカバレッジが限定

されることが課題である。また、災害時の停波、トラヒック規制、通信障害等の安定性への懸念や通信コストについて懸念される。

(4) その他の課題等

その他の課題として、現在利用可能な通信手段による通信範囲を超えて利用可能な長距離通信手段が必要であることや、現状の目視外飛行では、通信が届かないため機体に戻ってくるまでミッションが完了したかどうか分からないことが挙げられる。また、安全運航の観点から、周辺を飛行する他の無人航空機や有人航空機（ヘリ等）の位置情報を把握したいとの要望があった。加えて、特定空域内で多くの無人航空機を飛行させる場合のニーズとして、無人航空機間で通信を行い、衝突を回避したいとの意見が挙げられている。

2.2.4 飛行位置把握システムの利用形態とニーズ

主な用途としては、制御・テレメトリ通信のバックアップ、運航管理システムへのアクセス、周辺を飛行する無人航空機・有人航空機等の位置把握が挙げられる。

(1) 制御・テレメトリ通信のバックアップ

バックアップとして、主の制御・テレメトリ通信装置（LTE、特定小電力等）と併用されており、主の制御・テレメトリ通信装置の途絶時・品質低下時やカバレッジ外において、機体位置等を把握する手段として用いられている。利用者からは、通常のテレメトリに加えてバッテリー情報やユーザーのカスタム情報を送信できることが望まれている。また、通信距離は10km程度以上（数十km）以上必要であり、加えて双方向通信できることが望まれる。

(2) 運航管理システムへのアクセス

機体位置や運航状況を集約するシステムへのアクセス手段として使用されているほか、制御・テレメトリ通信のカバレッジ外でもアクセス可能な通信手段として有効である。通信距離は10km程度以上が必要であり、加えて複数基地局をネットワーク化してカバレッジ拡大することが望まれる。

(3) 周辺を飛行する無人航空機・有人航空機等の位置把握

周辺を飛行する他事業者の無人航空機や有人ヘリの位置情報を把握し、飛行計画策定や運航中の安全対策に使用されている。今後、他の機体接近時にアラート機能等を付加することも想定され、現在位置の次のウェイポイントなども表示されるとさらに有用である。本利用形態として活用するためには、全ての無人航空機への搭載が義務化されることが望まれる。一方で、事業者と飛行位置・経路がセットで開示されることは不利益に繋がるため、他事業者への公開情報の範囲については検討する必要がある。

(4) その他のニーズ等

その他のニーズとして得られた意見を以下に示す。

- 墜落時の位置送信機能や航空機の“ブラックボックス”機能との組合せにより、搭載義務化を図ることが望ましい。
- 無人航空機専用空域を提供するサービス等において、複数事業者の機体管理に使用することも想定される。この場合、事業者同士の情報開示が困難との課題はクリアできる。
- 収容数については、過疎地では 50 機/10km 圏内で問題ないが、都市部では今後数年で飽和するだろう。長距離用と短距離用を分けて運用することも想定される（短距離用では基地局を増やしてトータル収容数を増加）。
- 送信間隔・表示時間は、1 秒程度で妥当であるが、衝突回避等の緊急対応を前提とした場合は短縮が必要。
- ユーザーのカスタマイズの自由度が上がると良い。特に、地上局の受信性能については、表示速度の高速化やアンテナ受信利得の増大などのカスタマイズが想定される。また、ユーザーが自由に利用可能なフレームが欲しい。変調方式やフレームフォーマットを公開して欲しい。

2.3 400MHz 帯を利用した新たな飛行位置把握システムのニーズ

(1) 類似システムとの比較

2.2 の飛行位置把握システムへのニーズに対し、飛行位置把握を実現する代表的な手法との比較から、400MHz 帯を利用した飛行位置把握システム（以下、「本システム」という。）のニーズを整理する。

小型無人機の飛行位置把握は、機体側の送信装置から同報送信により実現する手法（同報系）と、既設のネットワークを介することで実現する手法（ネットワーク系）の 2 つに分類される。同報系の手法には、本システムの外、小型無人機の制御用通信を利用する方法、LPWA を利用する方法、ADS-B を利用する方法等が挙げられる。ネットワーク系の手法には、携帯電話網を利用する方法、衛星通信網を利用する方法が挙げられる。

各システム等の概要と利点、課題等に関する比較を表 2-2 に示す。

表 2-2 小型無人機の位置把握を実現するシステム等の比較

| システム | 概要 | 利点 | 課題等 | |
|---------------------------------|-----------------------|---|---|--|
| 直接 通信 ・ 同報 型 | 飛行位置把握システム (本システム) | <ul style="list-style-type: none"> • 比較的広域カバレッジを確保可能 • 耐災害性に優れる | <ul style="list-style-type: none"> • テレメトリ通信以外の専用の送信装置が必要 • 装置の普及が必要 | |
| | 制御用通信 (直接接続)の利用 | <ul style="list-style-type: none"> • ドローンの制御用通信のテレメトリ信号に含まれる位置情報を受信 • 電波の到達範囲内で専用受信装置により位置等の情報を受信可能 | <ul style="list-style-type: none"> • 耐災害性に優れる • 新たな装置の搭載が不要 <ul style="list-style-type: none"> • カバレッジが制御用通信の伝搬範囲に限定 • メーカー間の相互運用性の確保が必要 | |
| | LPWA の利用 | <ul style="list-style-type: none"> • 免許不要バンドを使用する LPWA 規格の送信装置を無人機に搭載し、位置等の情報を同報配信 • 機上送信装置、地上受信装置により独立のネットワークを構築 | <ul style="list-style-type: none"> • 規格により比較的広域カバレッジを確保可能 • デファクト標準として既にデバイスが普及 • 耐災害性に優れる | <ul style="list-style-type: none"> • テレメトリ通信以外の送信装置が必要 • 送信データ量の制約 • 利用環境により干渉や Ch 衝突等が生じる可能性あり |
| | ADS-B | <ul style="list-style-type: none"> • 無人機に ADS-B 送信装置を搭載し、位置等の情報を同報配信 • ADS-B 受信装置により、送信された位置等の情報を把握可能 | <ul style="list-style-type: none"> • 広域カバレッジを確保可能 • 耐災害性、安定性に優れる | <ul style="list-style-type: none"> • 航空移動業務の周波数であり小型無人機で使用する場合は制度変更が必要 |
| ネ ッ ト ワ ー ク 型 | 携帯電話網 の利用 | <ul style="list-style-type: none"> • 無人機に携帯電話端末モジュールを搭載し、位置等の情報を送信 • 携帯電話網に接続されたサーバを介して位置等を把握可能 | <ul style="list-style-type: none"> • 比較的広域カバレッジを確保可能 • 既存の商用網を利用可能 <ul style="list-style-type: none"> • キャリア網のカバレッジに限定 • サーバへのアクセス性の確保 • 通信コスト | |
| | 衛星通信網 の利用 | <ul style="list-style-type: none"> • 無人機に衛星通信端末モジュールを搭載し、位置等の情報を送信 • 衛星通信網に接続されたサーバを介して位置等を把握可能 | <ul style="list-style-type: none"> • 全球カバレッジを確保可能 • 既存の商用網を利用可能 • 耐災害性に優れる <ul style="list-style-type: none"> • 送信データ量の制約 • サーバへのアクセス性の確保 • 装置重量・導入コスト • 通信コスト | |

小型無人機の位置把握を実現する他のシステム等との比較を踏まえた本システムの利点としては、以下が挙げられる。

- ドローンから 10km という比較的広域をカバーすることが可能
- スタンドアローン型システムであり耐災害性に優れる
- 商用網を使用せず通信料金等の運用コストは不要、装置の初期コストを比較的安価に抑えることが可能
- 専用の送信装置・受信装置を用いるため運航者・本装置メーカー間の互換性が確保

また 2.2 に示したとおり、本システムを有人航空機の位置把握に使用したいというニーズが挙げられた。本システムの専用端末は VFR で飛行するヘリコプター等の有人機への搭載も可能である。一方、他システムと比較した本システムの課題としては、以下が挙げられる。

- 制御・テレメトリ用通信以外に本システム専用の送信装置の搭載が必要
- 周辺の小型無人機、VFR で飛行する有人機の位置把握を実現するためには当該装置の普及拡大が必要

(2) 小型無人機の識別

調査検討会の議論の中で、本システムを飛行中の小型無人機の識別に利用できるのではないかとの意見が示された。米国では、公衆安全の観点から、規制当局による遠隔からの飛行中の無人航空機の識別や追跡を可能とする無人航空機向け ID が検討されており（7.2 参照）、飛行している小型無人機の安全性や正しい運用がなされているかどうか等を把握するために、識別は重要な考え方である。

本システムは、機体から送信された情報は、専用の受信装置を保有していれば誰でも送信された位置等の情報を確認できるとともに、識別に必要な送信フレームがすでに 32 ビット確保されていることから、本システムを小型無人機の識別に使用することは可能である。他方、運航者の事業性等の観点から、小型無人機の識別情報の公開範囲やセキュリティの確保等、制度面や技術面について今後検討が必要である。

2.4 まとめ

2.2、2.3 の調査結果を踏まえ、本システムの利用シーンと要件を表 2-3 に整理する。

表 2-3 本システムの利用シーンと求められる要件

| 用途 | 利用シーン | 主な要件 |
|--------------------------|---|--|
| テレメトリ通信のバックアップ | <ul style="list-style-type: none"> テレメトリ通信が届かない距離の目視外飛行時の代替 山間部や海上等、携帯電話網のカバレッジ外での飛行時のテレメトリ代替 | <ul style="list-style-type: none"> 通信距離 10km 以上 毎秒 1 回の安定した通信頻度 送信フレームのカスタマイズ性 |
| 運航管理システムへのアクセス | <ul style="list-style-type: none"> GCS 経由でのアクセスに代わり、本システムから必要情報等を取得 無人航空機専用空域を提供するサービス等における空域管理者へのアクセス（対 GCS とは別の通信手段） 都市部／遠隔地等に依らず使用 目視内／目視外に依らず使用 | <ul style="list-style-type: none"> 通信距離 10km 以上 毎秒 1 回の安定した通信頻度 送信フレームのカスタマイズ性 収容数 50 機程度以上（都市部では将来的に不足の可能性） |
| 周辺を飛行する無人航空機・有人航空機等の位置把握 | <ul style="list-style-type: none"> 目視外飛行時に周辺を飛行する無人航空機・有人航空機の接近を把握、必要に応じ警告 災害時に被災エリアで使用される無人航空機・有人航空機の位置把握や空域調整 都市部／遠隔地に依らず使用 | <ul style="list-style-type: none"> 毎秒 1 回の安定した通信頻度 収容数 50 機程度以上（都市部では将来的に不足の可能性） |
| 周辺を飛行する無人航空機の識別 | <ul style="list-style-type: none"> 飛行中の無人航空機の識別情報（所有者、認証情報等）を取得 目視内／目視外に依らず使用 | <ul style="list-style-type: none"> 毎秒 1 回の安定した通信頻度 送信フレームのカスタマイズ性 収容数 50 機程度以上（都市部では将来的に不足の可能性） |

3. システム要件の検討

3.1 はじめに

システム要件の検討にあたり、本システムには以下(1)~(4)の機能を含めることとした。

(1) 飛行位置情報等を計測する機能

実現方法としては、GPS の利用（通常 GPS あるいは RTK）、マルチ GNSS 利用、準天頂衛星の利用が考えられる。

GPS 利用の場合、市販品が多数（ドローン用には Ublox 製が一般的）あるが、誤差数 m 程度、かつ衛星数が少ない時間や場所があり、高度方向の誤差が比較的大きい。また、RTK（リアルタイム・キネマティック）は誤差数 cm 可能だが、高速移動では性能が低下することが想定され、コストも要する。

マルチ GNSS（グローバル・ナビゲーション・サテライトシステム）利用の場合、衛星数が多くとれるため、今後一般化されることが見込まれている。

準天頂衛星利用の場合、誤差数 cm と精度が高く、今後衛星数が増加する見込みである。

以上より、現時点で利用可能かつコスト観点より、本件検証用としては GPS 利用を採用することとした。地面近くでは、周囲環境によって誤差が増える可能性があるが、ドローンが上空に上がればその影響は減少し、ドローンの位置管理用としては当面十分な精度であるものと想定している。なお、高度方向の誤差は、気圧センサーと併用すれば改善できるが、当面は対応しないものとする。

将来、より高精度かつ低コストかつ小型軽量な手段が利用可能になれば、そちらに移行することも想定される。

(2) 計測した情報（信号）を伝送する機能

伝送方式としては、Wi-Fi 方式（コネクション型）、ZigBee あるいは Wi-SUN 方式（ツリー or メッシュ）、ドローンマッパー方式（IEEE802.15.8、分散同報型）¹が考えられる。

Wi-Fi 方式（コネクション型）の場合、安価かつ手軽だが、伝搬距離が短いことが懸念される。

ZigBee あるいは Wi-SUN 方式（ツリー or メッシュ）の場合、安価かつ手軽だが、移動体への適用が難しい可能性が考えられる（経路変更等）。

ドローンマッパー方式（IEEE802.15.8、分散同報型）の場合、インフラが不要であり、マルチホップ可能である。現時点では未市販だが、基本機能実証済みである。

以上より、ドローンマッパー方式（IEEE802.15.8、分散同報型）を採用することとした。すでに 920MHz 帯で機能実証済みのため、新規に開発するよりも、開発コストと開発期間を短縮することが可能である。400MHz 帯無線モジュールのみ新規に試作し、小型 PC に接続する構成とする。（図 3-4 参照）

¹ 内閣府革新的研究開発推進プログラム（ImPACT）の中で情報通信研究機構が開発の位置情報共有方式

なお、複数ドローンからの位置情報を、できるだけパケット衝突を避けつつ受信するための同期信号は、GPS 受信信号から得ることとする。

(3) 計測した情報（信号）を地上で受信する機能

実現方法としては、集中型（アクセスポイント or 基地局型）あるいは分散型が考えられる。

集中型（アクセスポイント or 基地局型）の場合、集中管理が容易かつ効率が高いが、インフラとその管理及び維持が必要であり、コストが大きい。また、ドローンやヘリなどローカルで受信するためには別の通信手段が必要となる。

分散型の場合、インフラが不要かつ、全ての端末が同じ機能で構成することが可能であり、集中管理及び維持が不要であるため低コストとなる。また、ドローン等ローカルでも受信可能である。加えて、ヘリのパイロットも周辺ドローンの位置把握が可能となる。

以上より、分散型を採用することとした。

(4) 地上で受信した情報をパソコン等の地図上に表示する機能

実現方法としては、国土地理院地図・航空写真利用あるいは Google Earth 航空写真利用が考えられる。

国土地理院地図・航空写真利用の場合、国産の公共地図であり無料で使用可能である。しかし、航空写真は解像度が低く機能も限定している可能性がある。また、API（アプリケーション・プログラム・インターフェース）が提供されていないため、新規開発が必要となることが考えられる。

Google Earth 航空写真利用の場合、海外製であるが Android タブレットを表示端末として利用すれば、API 経由でフリーで使用可能である。航空写真の解像度は高く、世界共通に使用可能であり最も普及している。

以上より、当面は Google Earth 航空写真利用を採用することとした。考慮すべき表示項目としては、周辺ドローンの位置の他、機体間の相対位置、相対速度、機体種別（アイコン表現等）、衝突リスク表示など想定する。将来、地図メーカー等によりドローン用の地図や航空写真の提供サービスが利用可能になれば、そちらに移行することも想定される。

3.2 システム要件の検討

システム検討に当たっては、異なるユーザーの複数の小型無人機が同一の飛行エリアを同時に飛行することを想定している。また、無線機器の製造の容易さ（低廉化・小型化・省消費電力化等）を勘案している。

(1) 飛行位置情報内容

飛行位置情報の内容としては、機体識別符号（ID）、日付時刻、緯度、経度、海拔高度、機体種別（マルチロータ、シングルロータ、固定翼、有人ヘリ）等が挙げられる。

なお、データ量削減のため、対地速度、進行方向、昇降度、警報等は、表示端末（タブレット PC を想定）にて GPS 情報を元に計算して出力することとする。

また、ID は無線局独自のものを付与し、機体の製造番号、フライトコンピュータのシリアル番号、MAC アドレス、IP アドレス、航空局登録番号等はそこから紐づけることを想定した。

(2) 送信情報量

ドローンマッパーで現在採用されているアスキー形式から、データサイズ圧縮のために、端末 ID(32)、位置情報(8)、時刻(17)、緯度(28)、経度(28)、高度(16)、速度 (10)、方向(10)、機体種別(8)、予備(19)：小計 176bit のバイナリ形式とした。

通信に必要なデータ（プリアンブル、同期コード、識別符号、CRC など）：小計 176bit と合わせて、1 機体からの送信情報量は計 352bit となる。

なお、端末 ID は 4byte で約 43 億台収容可能であり、3byte の場合 1677 万台となる。

(3) 所要通信距離

2.4 で検討の本システムの利用シーンと要件を踏まえ、飛行位置を把握できる範囲として半径 10km 程度を想定する。

なお、樹木、地形、建物等の遮蔽により、近距離でもデッドゾーンが発生（機体が消える）しうるが、これを完全に解決するには、地上にギャップフィラーとなる中継モジュール（機能は通常のドローンマッパーモジュールと同等）を配置する必要がある、コストと手間を要する。一方、ドローン間でマルチホップする機能を活用すれば、デッドゾーンの減少は期待されるが、収容台数は減少することとなる。

(4) 同時運用機体数

2.4 で検討の本システムの利用シーンと要件を踏まえ、同時に飛行位置を把握できる機体数は、同一範囲内において同一周波数で（10 機以上）50 機程度までを想定する。

(5) 飛行位置情報データフォーマット

小型無人機から送信される飛行位置情報は、地上端末で受信され、地上端末に含まれる小型 PC のイーサポートより任意の地上ルータを経由して UTM（小型無人機運航管理）システムに出力する構成とする。なお、JUTM（日本無人機運行管理コンソーシアム）が実証実験に用いているデータ交換用フォーマットは CSV 形式であるため、当面、それに合わせることにした。

(6) 飛行位置情報更新回数

2.4 で検討の本システムの利用シーンと要件を踏まえ、飛行位置情報の更新回数は、毎秒 1 回を想定する。

(7) 飛行位置計測可能な機体速度

水平・垂直方向とも時速 100km 以上の移動時でも計測可能とする。ただし、ドローンの位置管理のみを目的とし、緊急時の衝突回避は想定しない。この時、時速 100 km での 1 秒間の移動距離は約 28m であり、時速 40 km でも約 11m の誤差が生じる。また、400MHz 帯の場合の時速 100 km でのドップラ周波数偏移は約 70Hz である。

(8) 飛行位置情報の誤差

通常 GPS の想定で、反射物に囲まれた環境でなければ、誤差 10m 以下は可能と想定（当面、補正信号は不要）される。

なお、高いビル等に囲まれた都市部等での低高度運用では、10m 以上の誤差が発生する可能性がある。

(9) 地図上表示遅延時間

把握したすべての小型無人機の飛行位置をパソコン等（タブレット PC の利用を想定）の地図上に表示可能とする。この場合の遅延時間は 1 秒以下（バースト信号の衝突による遅延は含めない。）とする。ただし、ドローン台数が増えてくると、パケット衝突の確率が増加することにより、個別のケースで 1 秒を超える場合も想定される。

(10) 地上での表示方法等

地図では情報量が少ないため、航空写真の表示を想定する。

具体的には、API が提供され、Android タブレットとの親和性がよい Google Earth の利用を想定（現状のドローンマッパーで使用中）する。

画面デザインとしては、航空写真上にドローンやヘリの位置（アイコン表示）、ID、進行方向、飛行速度、相対距離、相対方位、相対高度差（オプション）、着陸中か飛行中かの区別（オプション）等を表示することを検討する。

(11) プロトコル

ドローンからの情報については、例えば DJI 社、ArduPilot 系（エンルート社が使用）等、それぞれが別の API を使っており、プロトコルが合わないと実際に使うことができないという懸念があるが、これについては、ドローンの位置情報は、フライトコンピュータからではなく、位置情報送信装置が別に持つ GPS 受信装置より独自に得ることにより製造メーカーによって異なるフライトコンピュータに依存しない位置把握システムとする（ドローンマッパー方式）。この場合、GPS 受信機を各ドローンが複数台もつことになるが、万一、GPS が不時着あるいは墜落し、ドローン飛行システムが停止した場合でも、位置情報送信装置のみ生き残る確率が増え、ドローンの捜索に役立つことも考えられる。（バッテリーも、飛行システムとは独立した小型バッテリーにより位置情報送信装置を動作させる。）

3.3 無線機諸元

本調査検討において実施する伝搬特性等の実測調査や動作確認に使用するプロトタイプ（試作装置）に搭載される無線機の諸元を検討した。

3.3.1 変調方式に関する技術検討

(1) 変調方式に関する技術検討

変調方式については、4GFSK 方式と 2GFSK 方式のいずれを採用することが適当であるか、デバイス価格や消費電力等の特徴を比較考量し検討を行った結果を以下に示す。

1) 4GFSK 対応のデバイスの調査

TI 社、アナログ・デバイセズ社、シリコンラボラトリーズ社にて 4GFSK モードを搭載しているデバイスを用いて調査を行った。

T1 社 CC1101 のシンボル例（公表値）を表 3-1 に、AD 社 ADF7021F のシンボル例（公表値）を図 3-1 に、各社シンボル例を同等数値に変換し比較したものを表 3-2 に示す。表 3-1 と図 3-1（表 3-2 比較表）で各シンボルの周波数偏移位置が異なることから、通信のフレームシンクで異種間通信ができなくなり、結果データが抜けないことが分かる。

デバイス調査のまとめを表 3-3 に示す。表 3-3 のとおり、シリコンラボラトリーズ社については一般公開されていないことから通信できない可能性が高く、仮にできたとしても、保障されていないため通信の品質の安定性が担保できないことになる。

表 3-1 T1 社 CC1101 のシンボル例（公表値）

| Format | Symbol | Coding |
|------------|--------|------------------|
| 2-FSK/GFSK | '0' | - Deviation |
| | '1' | + Deviation |
| 4-FSK | '01' | - Deviation |
| | '00' | - 1/3- Deviation |
| | '10' | +1/3- Deviation |
| | '11' | + Deviation |

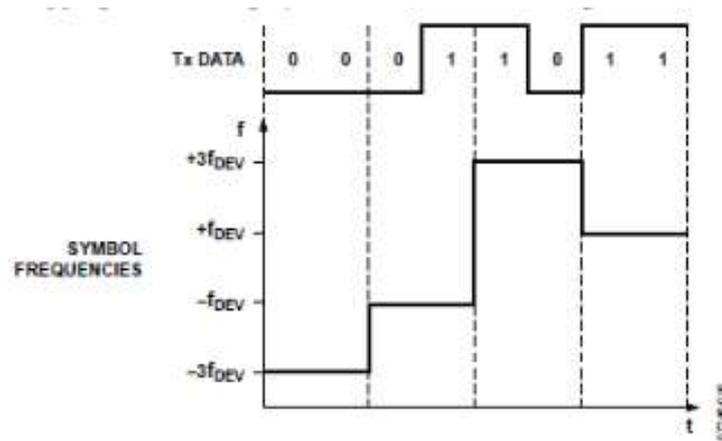


図 3-1 AD 社 ADF7021F のシンボル例（公表値）

表 3-2 各社シンボル例を同等数値に変換し比較

| シンボル | T1 社 CC1101 | AD 社 ADF7021F | Si 社 |
|------|-------------|---------------|------|
| 01 | -3 | -1 | 未公開 |
| 00 | -1 | -3 | 未公開 |
| 10 | +1 | +3 | 未公開 |
| 11 | +3 | +1 | 未公開 |

表 3-3 デバイス調査まとめ

| メーカー | テキサス・インスツルメンツ・ セミコンダクター株式会社 | アナログ・ デバイセズ社 | シリコンラボラ トリーズ社 |
|----------|--------------------------------|-----------------|------------------|
| シンボル一般開示 | △一部の製品は開示 | ○ 開示 | × 未公開 |
| 相互互換 | × 自社間 | × 自社間 | × 自社間 |

検討の結果、4GFSK を行うには、DSP デバイスを用いて設計しない限り、通信の安定が保証できないことが分かった。また、DSP を用いて無線機を作成した場合、回路規模とデバイス単価が大きくなり、普及は難しいと考えられる。2GFSK においては、正極性か負極性となることから、プリアンプル同期がとれれば、フレームシンクも異なるメーカーにおいても復調可能であるため有効な変調方式と考えられる。

2) 2GFSK 方式による信号特性の確認

2GFSK 方式を使用した試験装置（双葉電子工業(株)試作）による 19.2kbps 信号の測定結果と SG で発生させた信号との比較を以下に示す。

- 周波数：400MHz 近辺
- 変調速度：19.2kbps
- 周波数偏移：4.5kHz（変調指数 $m=0.47$ ）

理論計算と目標値

最高変調周波数：9600Hz（19.2kbps）、最大周波数変移：4800Hz とすると、
変調指数(m)=最大周波数変移÷最高変調周波数=4800÷9600=0.5 となる。

FM 波受信側に必要な通過帯域幅は、 $2 \times (\text{最大周波数変移} + \text{最高変調周波数})$ となるので、
 $2 \times (9600 + 4800) = 28800\text{Hz}$ が求められるが、矩形波の伝送であることより側波帯が広がるため波形をガウスフィルタで鈍らす必要があり、結果、20kHz 程度となる。

400MHz 帯におけるチャンネル間隔は 25kHz であるが（他、6.25kHz, 12.5kHz）、当該帯域では狭帯域通信が利用されていることから、干渉影響低減のために、20kHz を目標とする。

測定の結果、試験装置と SG のどちらも占有周波数帯幅は 19.5kHz となり、概ね理論値に一致するとともに目標値を満足することが分かった。なお、試験装置のアイパターンは、デバイスの位相ノイズが起因しており FM 残留ノイズが大きいため SG に比べて狭く、対域外領域スプリアス発射強度も SG より悪かった。試験装置に用いている IC は 10 年前に設計されたものであり、近年作られたデバイスにおいては 18dB 程位相ノイズが改善されているため、SG に近い形の波形が期待できるものと考えられる。

試験装置の波形を図 3-2 に、SG 波形を図 3-3 に示す。

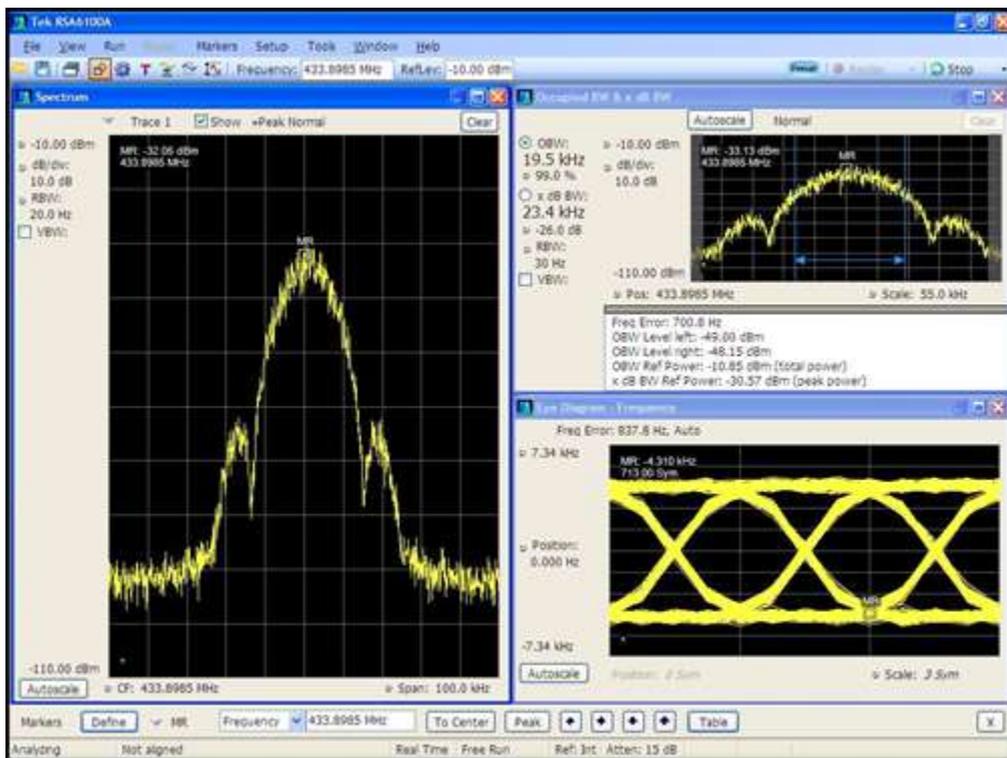


図 3-2 試験装置波形

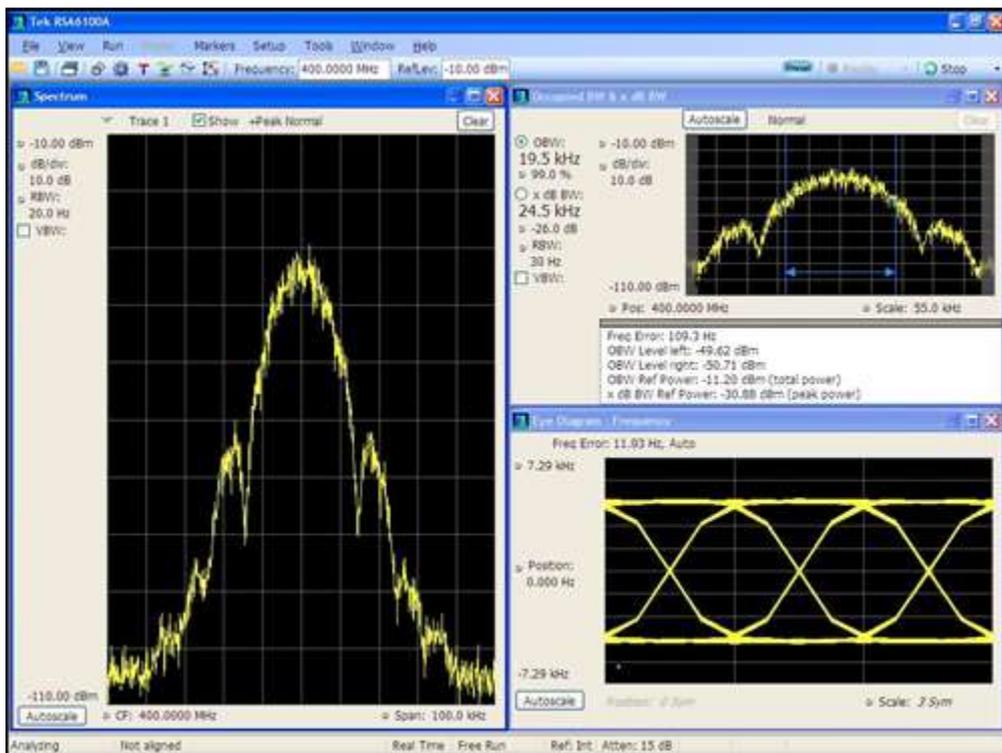


図 3-3 SG 波形

(2) 変調方式の決定

以上の検討の結果、回路規模やデバイス単価による普及の観点、及び、目標とする占有周波数帯域幅 20kHz 以内で変調速度 19.2kbps を確保可能であることが確認できたことより、2GFSK を採用することとした。

3.3.2 無線機諸元

本無線機の諸元を表 3-4 に示す。なお、電波法令に根拠を有するものは括弧で関連規定を記載している。

表 3-4 無線機諸元

| 項目 | 内 容 | 備 考 |
|--------------------------|---|---|
| 周波数帯 | 398MHz (総務省告示第 178 号(H29.5.30)から 397.75MHz から 398.5MHz までの周波数で 東北総合通信局管内において空中線電力 10W 以下の指定を受けることが可能なこ とから上記周波数を選定。) | (347.7MHz~420MHz の範囲にお いて選定) 特定実験試験局で東北総合通信局 管内の陸上、沿岸水域及びその上 空。 |
| 通信方式 | 同報 | 今回の実験局申請では双方向通信 で電波伝搬試験を行うので単信の 申請で行った。 |
| 周波数の許容偏差 | ±100 万分の 4 以内 | (無線設備規則 第 5 条、別表第 1 号) |
| 占有周波数帯幅の許容値 | 20kHz 以内 | (無線設備規則 第 6 条、別表第 2 号) *1 |
| スプリアス発射又は不要 発射の強度の許容値 | 帯域外領域におけるスプリアス発射の強度 の許容値： 25 μ W 以下 スプリアス領域における不要発射の強度の 許容値： 25 μ W 以下 | (無線設備規則 第 7 条、別表第 3 号) |
| 空中線電力及びその許容 偏差 | 空中線電力：200mW 以下 | 許容偏差：上限 20%、下限 50% (無線設備規則 第 14 条) |
| 隣接チャンネル漏えい電力 | 変調信号の送信速度が毎秒 8 キロビットを超え るものにあつては、搬送波の周波数から 25kHz 離れた周波数の(±) 8kHz の帯域内 に輻射される電力が、搬送波電力より 60dB 以上低い値であること。 | (無線設備規則 第 57 条の 3) |
| 送信空中線利得 | 3dBi 以下 | 搭載アンテナは 0dBi |
| 変調方式 | 2 値 FSK | 汎用性の高い 2GFSK 方式とした。 |
| 送信時間 | 20ms 以下 | |
| 休止時間 | 980ms 以上 | |
| 電気通信回線設備に接続 可能 | 位置情報送信装置がもつ小型 PC の LAN イ ンターフェースにより、接続可能とする。 | |
| キャリアセンスの必要性 | あり | 送信パケットのスロット管理を併 用した自律分散システムによりパ ケット衝突確率低減を図るため。 |
| 再送制御 | なし | 位置情報データの鮮度を保つため に古いデータは廃棄。 |

※1 「無線設備規則 第 6 条 別表第 2 号」の該当する現行規定(第 13)は、1.4kHz、2.8kHz、3.16kHz の 3 種の規定と
なっていることより、占有周波数帯幅の許容値 20kHz 以内については規定の追加が必要である。以下に例示する。
例示：「4: 変調信号の送信速度が毎秒 16 キロビットを超え 20 キロビット以下のもの 20kHz」

3.4 400MHz 帯ドローン位置把握システムの全体構成

今回、表 3-4 の諸元により新たに試作する 400MHz 帯無線モジュールにドローンマップパ
ー方式の既存 MAC (若干のカスタマイズは必要) を実装した小型 PC を USB で接続し、小
型 PC に GPS アンテナ及び表示用のタブレット PC を USB 接続する構成とした。

なお、ドローンに搭載する装置については、タブレット PC および外部ネット出力の接続
は行わない。

400MHz 帯ドローン位置把握システム全体構成を図 3-4 に、タブレット PC 表示画面の例

を図 3-5 に示す。

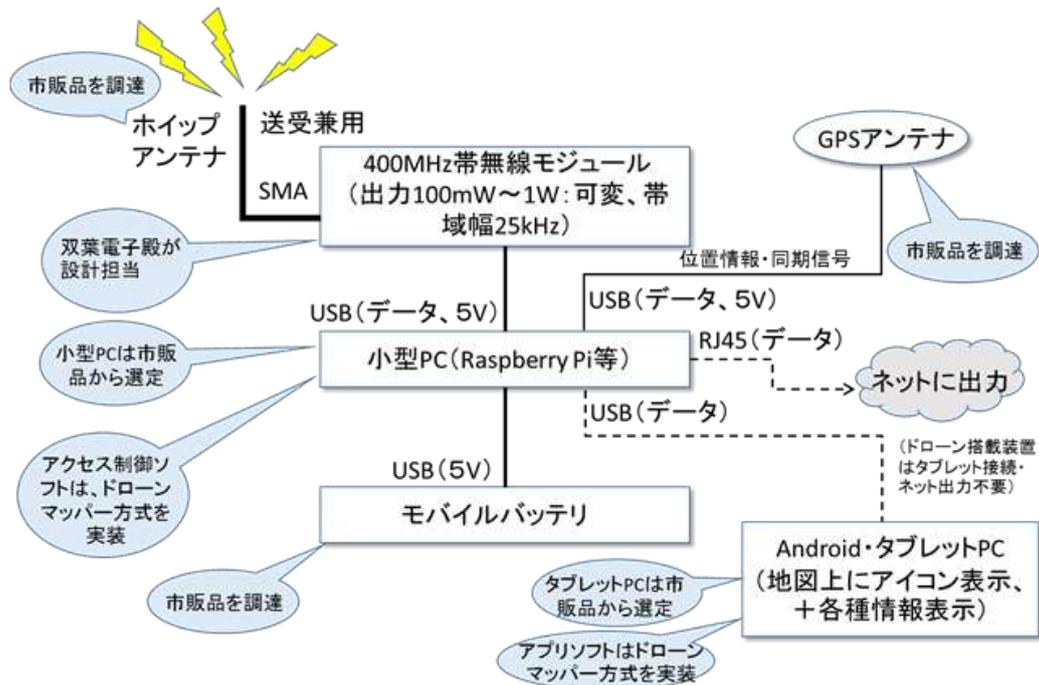
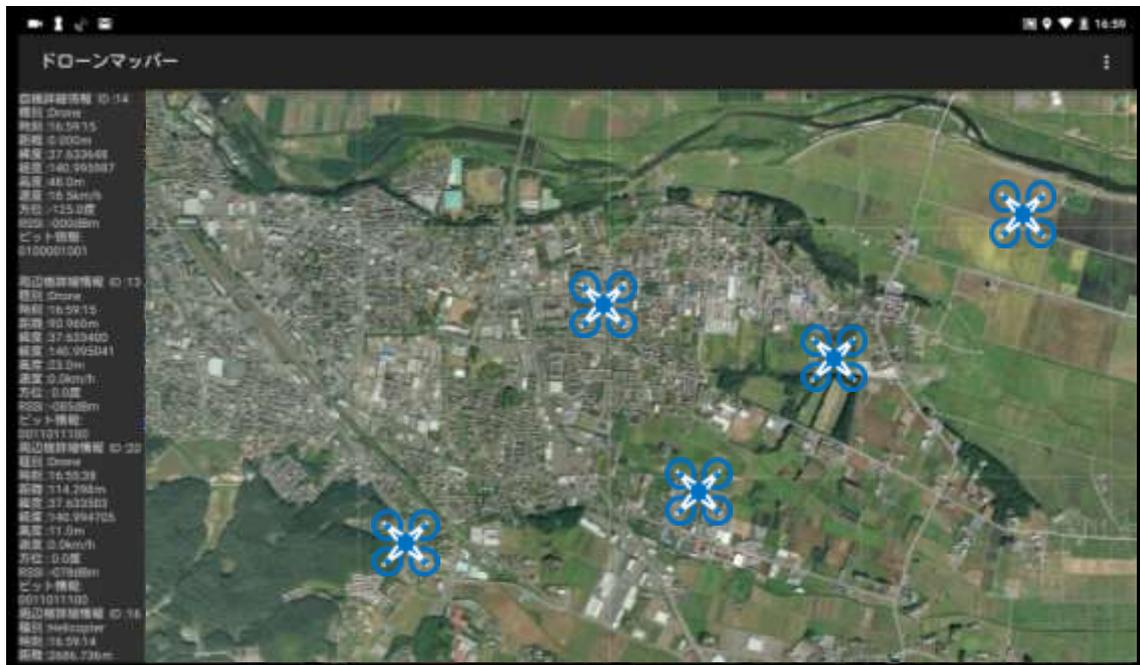


図 3-4 400MHz 帯ドローン位置把握システム全体構成
(ドローン搭載用、地上局受信用、有人ヘリ搭載用：全て同一モジュールで構成可能)



出所) 地理院地図

図 3-5 タブレット PC 表示画面の例

4. 周波数共用検討

本項では、本システムに使用する周波数と同一または隣接する周波数を使用する他システム等との周波数共用について検討する。

4.1 周波数共用検討の対象とする無線システム

(1) 検討対象周波数帯と無線機諸元

周波数検討の対象とする周波数帯については、本調査検討会で行う実証試験用として想定する周波数として確認された「347.7MHz～420MHz」とする。【調査検討会（第1回）資料 親参 1-3 参照】

これも踏まえ、与干渉側である本システム（無線機）の諸元を表 4-1 に再掲する。

表 4-1 無線機諸元

| 技術的条件の項目 | 内 容 |
|----------------------|---|
| 周波数帯 | 347.7MHz～420MHz（本検討会の実証実験局：398MHz） |
| 通信方式 | 同報 |
| 周波数の許容偏差 | ±100 万分の 4 以内（無線設備規則 第 5 条、別表第 1 号） |
| 占有周波数帯幅の許容値 | 20kHz 以内（無線設備規則 第 6 条、別表第 2 号） |
| スプリアス発射又は不要発射の強度の許容値 | 帯域外領域におけるスプリアス発射の強度の許容値 25 μW 以下 スプリアス領域における不要発射の強度の許容値 25 μW 以下（無線設備規則 第 7 条、別表第 3 号） |
| 空中線電力及びその許容偏差 | 空中線電力：200mW 以下 許容偏差：上限 20%、下限 50%（無線設備規則 第 14 条） |
| 隣接チャネル漏えい電力 | 変調信号の送信速度が毎秒 8 キロビットを超えるものにあつては、搬送波の周波数から 25kHz 離れた周波数の（±）8kHz の帯域内に輻射される電力が、搬送波電力より 60dB 以上低い値であること。（無線設備規則 第 57 条の 3） |
| 送信空中線利得 | 3dBi 以下 |
| 変調方式 | 2 値 FSK |
| 送信時間 | 20ms 以下 |
| 休止時間 | 980ms 以上 |
| 電気通信回線設備に接続可能 | 位置情報送信装置がもつ小型 PC の LAN インターフェースにより、接続可能とする。 |
| キャリアセンスの必要性 | あり（自律分散システムでのパケット衝突確率低減のため） |
| 再送制御 | なし（位置情報データの鮮度を保つため。古いデータは廃棄。） |
| 電源 | 無線システム専用（機体電源とは別） |

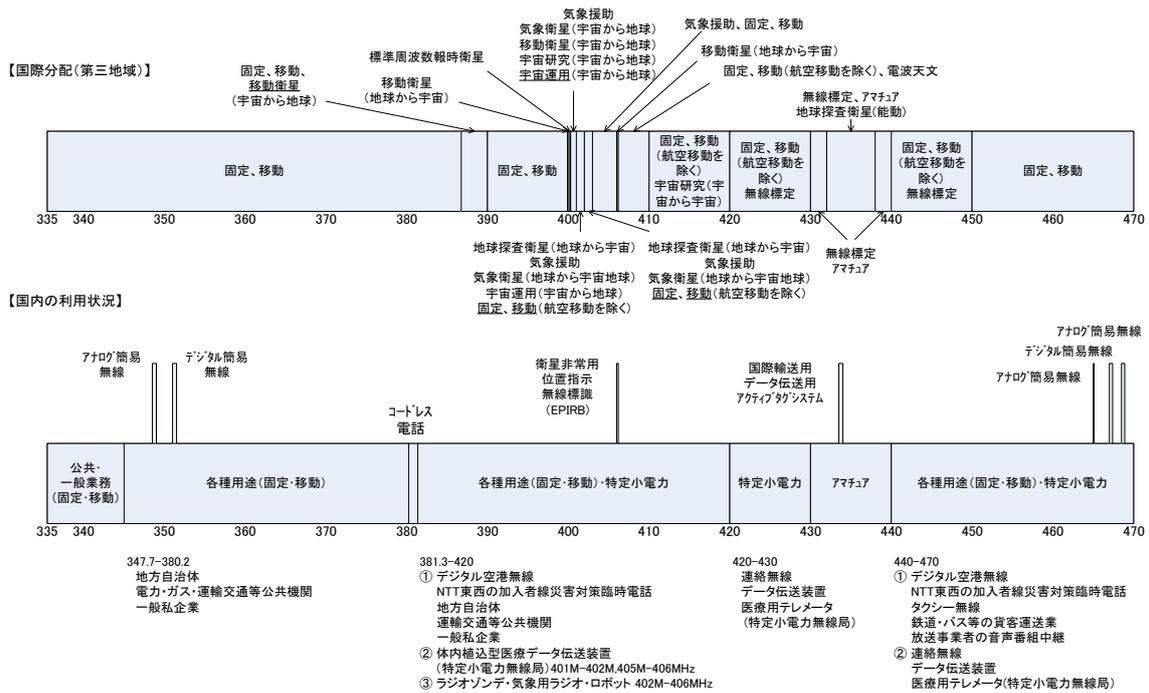
(2) 検討対象周波数帯における既存システム

上記(1)における周波数帯において、本システムとの周波数共用検討を行う必要のある他システム（以下、「既存システム」という。）を抽出した結果を表 4-2 に示す。

表 4-2 共用検討周波数帯の既存システム

| 項番 | 主な用途 | 主な規格(無線通信方式) | |
|----|------------------------------|--|---------------|
| 1 | 地方自治体 公共業務用無線 一般業務用無線 | 狭帯域デジタル通信方式(TDMA) | RCR STD-39 |
| | | 狭帯域デジタル通信方式(SCPC/FDMA) | ARIB STD-T61 |
| | | 狭帯域デジタル通信方式(SCPC/4値FSK) | ARIB STD-T102 |
| | | アナログ無線設備 | |
| 2 | アナログ簡易無線 | 小エリア無線通信システム(単信/単行 周波数変調) | RCR STD-44 |
| 3 | デジタル簡易無線 | デジタル簡易無線局の無線設備 ($\pi/4$ シフトQPSK) (RZ SSB:実数零点単側波帯) (4値FSK) | ARIB STD-T98 |
| 4 | 地域振興用無線 | 地域振興用無線局の無線設備 | RCR STD-40 |
| 5 | コードレス電話 | コードレス電話の無線局の無線設備 | RCR STD-13 |
| 6 | 移動衛星・標準周波数報時衛星 | 地球から宇宙(オーブコム低軌道衛星) | 国際調整結果遵守 |
| 7 | 気象衛星 | 電波法関係審査基準 宇宙から地球(アルゴシステム) | 国際調整結果遵守 |
| 8 | 体内植込型医療用データ伝送用 【MICS】 | TELEC 特定無線設備の技術基準 特定小電力機器(12) | |
| 9 | 体内植込型医療用データ伝送用 【MEDS】 | TELEC 特定無線設備の技術基準 特定小電力機器(12) | |
| 10 | 体内植込型医療用遠隔計測用 【MITS】 | TELEC 特定無線設備の技術基準 特定小電力機器(12) | |
| 11 | ラジオゾンデ | 電波法関係審査基準 | |
| 12 | 気象用ラジオ・ロボット | 電波法関係審査基準 | |
| 13 | 気象衛星 | 宇宙から地球(ひまわり) | 国際調整結果遵守 |
| 14 | 衛星非常用位置指示 無線標識(EPIRB) | COSPAS-SARSAT規格 | T.001(技術要件) |
| 15 | デジタル空港無線 | 空港内デジタル移動通信システム(TDMA/ $\pi/4$ シフトQPSK) | ARIB STD-T87 |
| | | 空港内デジタル移動通信システムTYPE2(TDMA/ $\pi/4$ シフトQPSK) | ARIB STD-T114 |
| 16 | 連絡無線 | 空中線電力1mW以下の陸上移動業務の無線局(作業連絡用)の無線設備 | RCR STD-31 |
| 17 | データ伝送装置医療用テレメータ | 特定小電力無線局 医療用テレメータ用無線設備 | RCR STD-21 |
| 18 | テレメータ、テレコントロール、 | 400MHz帯テレメータテレコントロール用無線設備 | ARIB STD-T67 |
| 19 | 小電力セキュリティシステム無線 (防犯・非常通報) | 小電力セキュリティシステムの無線局の無線設備 | RCR STD-30 |
| 20 | 無線電話 (特定小電力トランシーバー) | 特定小電力無線局 無線電話用無線設備 | RCR STD-20 |
| 21 | 無線呼出(ボケベル) | 特定小電力無線局 無線呼出用無線設備 | RCR STD-19 |
| 22 | アマチュア | 電波法関係審査基準 | |
| 23 | 国際輸送用データ伝送用 アクティブタグシステム | 特定小電力無線局 433MHz帯国際輸送用データ伝送用設備 | ARIB STD-T92 |
| 24 | アナログ簡易無線 | 400MHz帯簡易無線局の無線設備 | RCR STD-10 |

また、参考までに周波数割当計画の周波数割当表から 400MHz 帯周波数の使用状況を図 4-1 に示す。



出所) 周波数割当計画 (総務省電波利用ホームページ) より調査検討会作成

図 4-1 400MHz 帯周波数の使用状況

4.2 共用検討

(1) 検討方法

本システムの送信波が既存システムへ与える影響について、電波伝搬モデルにより同一波干渉、隣接チャンネル干渉および帯域外干渉における所要離隔距離を算出した。

【干渉について】

① 同一波干渉

既存システムが受信している周波数(希望波)と本システムから送信される周波数(不要波)が同じ場合に、本システムから既存システムへ与える干渉。

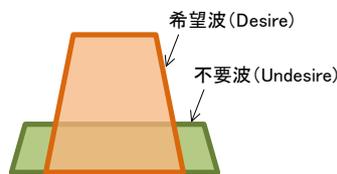


図 4-2 同一波干渉概念図

② 隣接波干渉 1 (スプリアス干渉)

既存システムの 400MHz 帯の周波数は、6.25kHz の周波数帯域幅でチャンネルが区切られているが、本システムの送信周波数と既存システムの受信周波数が隣接する場合に本システムから送信される運用波の漏洩電力が隣接するチャンネルに与える干渉。

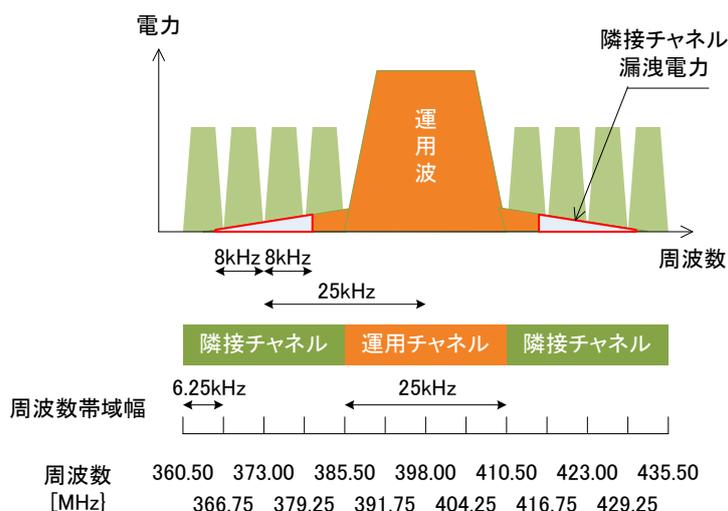


図 4-3 隣接チャンネル干渉概念図

③ 隣接波干渉 2 (帯域外干渉・感度抑圧干渉)

既存システムの希望波の近傍あるいはイメージ周波数帯域(受信機の受信周波数変換のしくみによって生じる影響を受けやすい帯域)に本システムからの送信波(不要波)がある場合に、受信フィルタで除去しきれずに受信に妨害を与える干渉。受信機の性能としては、受信感度抑圧レベルがこれに相当する。

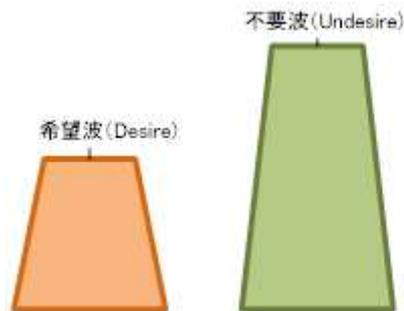


図 4-4 帯域外干渉概念図

【電波伝搬損失の計算モデルについて】

所要離隔距離の計算は、次に示す自由空間モデルおよび奥村-秦モデルを用いて算出する。

① 自由空間モデル

自由空間(電波の伝搬を妨げるものがない空間)における伝搬損失は、フリスの公式より次式で表される。

$$\begin{aligned} \text{自由空間伝搬損失 } L &= 10\log(W_t/W_r) \\ &= 10\log(4\pi d/\lambda)^2 - (10\log G_t + 10\log G_r) \end{aligned}$$

L : 自由空間伝搬損失(dB)
 d : 伝搬距離(m)
 λ : 波長(m)
 W_t : 送信電力
 W_r : 受信有効電力
 G_t : 送信アンテナ絶対利得
 G_r : 受信アンテナ絶対利得

アンテナにアンテナ利得が 0dB の仮想アンテナ(アイソトロピックアンテナ)を使用した場合を自由空間基本伝搬損失とすると次式で表される。

$$\text{自由空間基本伝搬損失 } L = 10\log(4\pi d/\lambda)^2$$

伝搬距離特性の近似式ではないが、調査検討の指標の一つとして用いる。

② 奥村-秦モデル

さまざまなモデル提案がされている伝搬損失推定法の中でも代表的なモデルであり、ITU-R の勧告 (REC. ITU-R P.1546 ANNEX 7 “Comparison with the Okumura-Hata method”) において、ANNEX 1-6 の推定法の妥当性を評価する際の基準式として本モデル(中小都市)による伝搬損失推定値が用いられている。

$$\text{伝搬損失(近似式) } L_p = A + B\log(d) - a(h_2) + C$$

L_p : 伝搬損失(dB)
 d : 送受信局距離(km) 1km~20km
 h₂ : 移動局(受信局) 1m~10m
 A=69.55+26.16log(f)-13.82log(h₁)
 B=44.9-6.55log(h₁)
 f : 周波数(MHz) 150MHz~1500MHz
 h₁ : 基地局(送信局) 30m~200m

【開放地】

$$\begin{aligned} A(h_2) &= (1.1\log(f)-0.7)h_2 - (1.56\log(f)-0.8) \\ C &= -4.78(\log(f))^2 + 18.33\log(f) - 40.94 \end{aligned}$$

【郊外】

$$\begin{aligned} A(h_2) &= (1.1\log(f)-0.7)h_2 - (1.56\log(f)-0.8) \\ C &= -2(\log(f/28))^2 - 5.4 \end{aligned}$$

【中小都市】

$$\begin{aligned} A(h_2) &= (1.1\log(f)-0.7)h_2 - (1.56\log(f)-0.8) \\ C &= 0 \end{aligned}$$

【大都市】

$$A(h2)=8.29(\log(1.54h2)^2-1.1 \quad f \leq 400\text{MHz}$$

$$A(h2)=3.2(\log(11.75h2)^2-4.97 \quad 400\text{MHz} \leq f$$

$$C=0$$

【結合損および所要離隔距離の計算について】

結合損および所要離隔距離計算の手順を以下に示す。

- ① 与干渉量：空中線電力－給電線損失＋空中線利得（－隣接チャンネル漏洩抑圧量）
- ② 被干渉許容値：受信局受信感度、スプリアス・レスポンス等より算出
- ③ 所要結合損：②－①
- ④ 調査モデルによる結合損：受信空中線利得＋受信給電線損失
アンテナ指向特性は、本システムが傾斜することを想定して考慮しない。
- ⑤ 所要改善量：③－④
- ⑥ 所要離隔距離：⑤から自由空間伝搬損失および奥村－秦モデルより算出

(2) 計算結果と考察

自由空間モデルでの所要離隔距離および奥村－秦モデルにおいて本システム高度を 150m とした場合（150m より下がる場合に伝搬損は増加するため最悪ケースを想定して設定）の「本システム→既存システムへの干渉」計算結果を図 4-5、図 4-6 に示す。また参考に、計算に用いた諸元、自由空間モデルの計算過程、奥村－秦モデルの計算過程を資料編に示す。

| 項番 | 区分 | 主な用途 | 主な規格(無線通信方式 および引用資料) | 離隔距離(自由空間) | | | 離隔距離(奥村-秦モデル) 中小都市:無人機150m, 受信局1m | | | |
|---------------|-----------------|--|--|---|-----------|---------|--------------------------------------|---------|--------|--------|
| | | | | 同一波干渉 | 隣接波干渉1 | 隣接波干渉2 | 同一波干渉 | 隣接波干渉1 | 隣接波干渉2 | |
| 1 | 各種用途 (固定・移動) | 地方自治体 公共業務用 無線 一般業務用 無線 | 狭帯域デジタル通信 方式(TDMA) | RCR STD-39 | 1037.21km | 1.81km | 0.52km | 15.13km | 0.24km | 0.11km |
| | | | 狭帯域デジタル通信 方式(SCPC/FDMA) | ARIB STD- T61 | 752.26km | 1.31km | 0.38km | 12.27km | 0.19km | 0.09km |
| | | | 狭帯域デジタル通信 方式(SCPC/FDMA) | ARIB STD- T61 | 2923.25km | 2.49km | 1.47km | 29.75km | 0.3km | 0.21km |
| | | | 狭帯域デジタル通信 方式(SCPC/4値FSK) | ARIB STD- T102 | 2120.15km | 1.81km | 1.06km | 24.12km | 0.24km | 0.17km |
| | | | アナログ無線設備 | | 3395.21km | 2.89km | 1.47km | 32.8km | 0.33km | 0.21km |
| | | | アナログ無線設備 | | 2462.44km | 2.1km | 1.06km | 26.6km | 0.26km | 0.17km |
| | | | アナログ無線設備 | | 2462.44km | 2.1km | 1.06km | 26.6km | 0.26km | 0.17km |
| | | | アナログ無線設備 | | | | | | | |
| 2 | 各種用途 (固定・移動) | アナログ簡 易無線 | 小エリア無線通信シ ステム | RCR STD-44 | 947.04km | 0.98km | 0.53km | 14.26km | 0.16km | 0.11km |
| 3 | 各種用途 (固定・移動) | デジタル簡易 無線 | デジタル簡易無線 ($\pi/4$ シフトQPSK) | ARIB STD- T98 | 2120.15km | 1.81km | 1.06km | 24.12km | 0.24km | 0.11km |
| | | | デジタル簡易無線 (RZ SSB) | | 2669.11km | 2.27km | 1.06km | 28.03km | 0.28km | 0.17km |
| | | | デジタル簡易無線 (4値FSK) | | 2462.44km | 2.1km | 1.06km | 26.6km | 0.26km | 0.17km |
| 4 | 各種用途 (固定・移動) | 地域振興用 無線 | 地域振興用無線局 の無線設備 | RCR STD-40 | 947.04km | 0.98km | 0.24km | 14.26km | 0.16km | 0.06km |
| 5 | コードレス電 話 | コードレス電 話 | コードレス電話の無 線局の無線設備 | RCR STD-13 | 947.04km | 0.98km | 0.75km | 14.26km | 0.16km | 0.14km |
| 6 | 各種用途 (固定・移動) | 移動衛星 | 地球から宇宙 | | | | | | | |
| 標準周波数 報時衛星 | | (オーブコム低軌道衛 星:国際分配) | | | | | | | | |
| 気象衛星 | | 電波法関係審査基 準 宇宙から地球(ア ルゴシステム) 周波数指定:国際調 整結果を遵守 | | | | | | | | |
| 8 | 各種用途 (固定・移動) | 体内植込型 医療用データ 伝送用及び 体内植込型 医療用遠隔 計測用特定 小電力機器 | 特定小電力無線局 体内植込型医療用 データ伝送用【MICS】 | TELEC 特定 無線設備の 技術基準 特定 小電力機 器(12) | 9.01km | 0.06km | 0.0km | 0.69km | 0.02km | |
| 9 | | 体内植込型 医療用遠隔 計測用特定 小電力機器 | 特定小電力無線局 体内植込型医療用 データ伝送用 【MEDS】 | 小電力無線 システム委員 会報告 H12 年12月11日 | | | | | | |
| 10 | | 体内植込型 医療用遠隔 計測用特定 小電力機器 | 特定小電力無線局 体内植込型医療用 遠隔計測用【MITS】 | 小電力無線 システム委員 会報告 H12 年12月11日 | 9.01km | 0.06km | 0.0km | 0.69km | 0.02km | |
| 11 | | ラジゾンデ | 電波法関係審査基 準(単信または同報) | 小電力無線 システム委員 会報告 H12 年12月11日 | 4801.38km | 13.15km | 0.0km | 42.38km | 0.9km | |
| 12 | 各種用途 (固定・移動) | 気象用ラジ オ・ロボット | 電波法関係審査基 準(送信または中継) | | 35.19km | 0.04km | 0.0km | 1.66km | 0.02km | |
| 13 | 各種用途 (固定・移動) | 気象衛星 | (ひまわり) | | | | | | | |
| 14 | 各種用途 (固定・移動) | 衛星非常用 位置指示 無線標識 (EPIRB) | COSPAS-SARSAT規 格 電気通信技術審議 会諮問第50号「海上 無線通信設備の技 術条件」のうち「救命 用携帯無線機の技 術的条件」 | T.001(技術要 件) | | | | | | |
| 15 | 各種用途 (固定・移動) | デジタル空港 無線 | 空港内デジタル移動 通信システム (TDMA/ $\pi/4$ シフト QPSK) | ARIB STD- T87 | 2994.79km | 5.22km | 1.5km | 30.22km | 0.48km | 0.21km |
| | | | 空港内デジタル移動 通信システム (TDMA/ $\pi/4$ シフト QPSK) | ARIB STD- T114 | 1062.59km | 1.85km | 0.53km | 15.37km | 0.24km | 0.11km |
| | | | 空港内デジタル移動 通信システム (TDMA/ $\pi/4$ シフト QPSK) | ARIB STD- T114 | 2994.79km | 5.22km | 1.5km | 30.22km | 0.48km | 0.21km |
| | | | 空港内デジタル移動 通信システム (TDMA/ $\pi/4$ シフト QPSK) | ARIB STD- T114 | 1062.59km | 1.85km | 0.53km | 15.37km | 0.24km | 0.11km |

図 4-5 「本システム→既存システムへの干渉」 計算結果 (1/2)

| 項番 | 区分 | 主な用途 | 主な規格(無線通信方式 および引用資料) | 離隔距離(自由空間) | | | 離隔距離(奥村-秦モデル) 中小都市:無人機150m,受信局1m | | |
|----|----|-------------------------------|--|------------|--------|---------|-------------------------------------|--------|--------|
| | | | | 同一波干渉 | 隣接波干渉1 | 隣接波干渉2 | 同一波干渉 | 隣接波干渉1 | 隣接波干渉2 |
| 16 | | 連絡無線 | 空中線電力1mW以下の陸上移動業務の無線局(作業連絡用の無線設備) RCR STD-31 | 947.04km | 0.98km | 2.38km | 14.26km | 0.16km | 0.29km |
| 17 | 1 | データ伝送装置 医療用テレメータ | 特定小電力無線局 医療用テレメータ用無線設備 A型(アナログ式) RCR STD-21 | 1079.86km | 1.11km | 0.27km | 15.53km | 0.17km | 0.07km |
| | 2 | | B型(アナログ式) | 681.34km | 0.96km | 0.17km | | | |
| | 3 | | C型(アナログ式) | 482.35km | 0.96km | 0.12km | | | |
| | 4 | | D型(アナログ式) | 341.48km | 0.97km | 0.09km | | | |
| | 5 | | E型(アナログ式) | 135.95km | 0.86km | 0.03km | | | |
| | 6 | | A型(デジタル式) | 1771.6km | 1.83km | 1.08km | 21.46km | 0.24km | 0.17km |
| | 7 | | B型(デジタル式) | 1254.2km | 1.77km | 1.05km | | | |
| | 8 | | C型(デジタル式) | 887.9km | 1.78km | 1.05km | | | |
| | 9 | | D型(デジタル式) | 628.59km | 1.78km | 0.38km | | | |
| | 10 | | E型(デジタル式) | 280.78km | 1.78km | 0.17km | | | |
| | 11 | | BAN型(デジタル式) | | | | | | |
| 18 | 1 | 特定小電力 テレメータ、テレコントロール、データ伝送 | 特定小電力無線局 400MHz帯及び1200MHz帯テレメータ用、テレコントロール用及びデータ伝送用無線設備 ARIB STD-T67 | 962.42km | 0.99km | 2.42km | 14.41km | 0.2km | 0.29km |
| | 2 | | 962.42km | 1.36km | 2.42km | 14.41km | 0.2km | 0.29km | |
| | 3 | | 962.42km | 0.99km | 2.42km | 14.41km | 0.2km | 0.29km | |
| 19 | 1 | 小電力セキュリティシステム無線(防犯・非常通報) | 小電力セキュリティシステムの無線局の無線設備 I型 RCR STD-30 | 1771.6km | 1.25km | 3.41km | 21.46km | 0.3km | 0.36km |
| | 2 | | II型 | 1771.6km | 1.83km | 3.41km | 21.46km | 0.3km | 0.36km |
| | 3 | | III型 | 1771.6km | 2.17km | 3.41km | 21.46km | 0.3km | 0.36km |
| | 4 | | IV型 | 1771.6km | 2.51km | 3.41km | 21.46km | 0.3km | 0.36km |
| 20 | | 無線電話(特定小電力トランシーバー) | 特定小電力無線局 無線電話用無線設備 RCR STD-20 | 962.42km | 0.99km | 2.42km | 14.41km | 0.16km | 0.29km |
| 21 | | 無線呼出(ボケベル) | 特定小電力無線局 無線呼出用無線設備 RCR STD-19 | 159.72km | 0.16km | 2.42km | 4.46km | 0.05km | 0.29km |
| 22 | | アマチュア | 電波法関係審査基準 | | | | | | |
| 23 | 1 | アマチュア | 国際輸送用データ伝送用アクティブシステム 特定小電力無線局 433MHz帯国際輸送用データ伝送用設備 ARIB STD-T92 | | | | | | |
| | 2 | | | | | | | | |
| 24 | | 各種用途(固定・移動)・特定小電力 | アナログ簡易無線 400MHz帯簡易無線局の無線設備 RCR STD-10 | 962.42km | 0.99km | 0.24km | 14.41km | 0.16km | 0.06km |

図 4-6 「本システム→既存システムへの干渉」計算結果 (2/2)

1) 地方自治体、公共業務用無線、一般業務用無線(狭帯域デジタル通信)

自営通信システムとして、400MHz帯に広域に亘って割り当てられ、全国に基地局および移動局が整備された自営系業務無線として運用されている。

アナログ通信も運用されているが、ここでは ARIB 標準規格に受信性能が規格化されているデジタル通信の各方式について検討を行った。

① 本システム→狭帯域デジタル通信(基地局) 項番 1-1, 1-3, 1-5 【同一波干渉】

所要離隔距離は、自由空間モデルにおいて 1037km~3395km、奥村-秦モデルにおいては中小都市での受信局高度 1m を見た場合で 15.13km~32.8km となる。

この結果から空間を飛び回る本システムと既存システム基地局の離隔距離としては実現困難な値であり、同一周波数での周波数共用は困難であると考えられる。

② 本システム→狭帯域デジタル通信(基地局) 項番 1-1, 1-3, 1-5 【隣接波干渉 1】

自由空間モデルにおいて 1.81km~2.89km、奥村-秦モデルにおいて中小都市での受信高度 1m において 0.24km~0.33km となる。奥村-秦モデルでは近似式の条件として通信距離を 1km から 10km としており、受信高度 1m の 0.24km~0.33km は、この条件を外れる。

本システムが基地局と同じ場所で運用される可能性があるため、相手側システムの運用状況に配慮しつつ必要に応じて両者間で運用調整を行う事により、共用することが可能と考えられる。

③ 本システム→狭帯域デジタル通信(基地局) 項番 1-1, 1-3, 1-5 【隣接波干渉 2】

自由空間モデルにおいて 0.52km~1.47km、奥村-秦モデルにおいて中小都市で受信高度 10m から 1m でいずれも 1km 以下となる。

既存システム基地局のアンテナ高は、ポールや鉄塔により数 m から 150m 程度であり、設置場所もある程度高さのあるビルや山上に設置されることが多いことを考慮すると自由空間モデルの離隔距離が目安になり、この場合、計算結果からは本システムの運用を基地局から 1.5km 程度離して運用することが考えられるが、実フィールドでの基地局受信フィルタによる干渉波の抑圧を考慮した実際の離隔距離の設定を含め、相手側システムの運用状況に配慮しつつ必要に応じて両者間で運用調整を行う事により、共用することが可能と考えられる。

④ 本システム→狭帯域デジタル通信(移動局) 項番 1-2, 1-4, 1-6・7 【同一波干渉】

所要離隔距離は、自由空間モデルにおいて 752km~2462km、奥村-秦モデルにおいては離隔距離が小さくなる中小都市での受信局高度 1m を見た場合でも 12.27km~26.6km となる。

この結果から空間を飛び回る本システムと既存システム移動局の離隔距離と

しては実現困難な値であり、同一周波数での周波数共用は困難であると考えられる。

⑤ 本システム→狭帯域デジタル通信(移動局) 項番 1-2, 1-4, 1-6・7【隣接波干渉 1】

自由空間モデルにおいて 1.31km~2.89km、奥村-秦モデルにおいて中小都市での受信高度 1m において 0.19km~0.26km となる。奥村-秦モデルでは近似式の条件として通信距離を 1km から 10km としており受信高度 1m の 0.19km~0.26km は、この条件を外れる。

双方システムともに移動業務であり、その運用状況を勘案すると継続した干渉が発生する確率は低く、共用は可能と考えられる。

⑥ 本システム→狭帯域デジタル通信(移動局) 項番 1-2, 1-4, 1-6・7【隣接波干渉 2】

自由空間モデルにおいて 0.38km~1.06km、奥村-秦モデルにおいて中小都市で受信高度 10m から 1m でいずれも 1km 以下となる。

双方システムともに移動業務であり、その運用状況を勘案すると継続した干渉が発生する確率は低く、共用は可能と考えられる。

2) アナログ簡易無線(小エリア無線通信)

空中線電力が最大 1W で、主に FM 方式の音声通信用に使用されている(データ通信も可)。小エリア無線、新簡易無線とも呼ばれる。周波数使用期限は、平成 34 年(2022 年)11 月 30 日までとなっている。

① 本システム→アナログ簡易無線(小エリア無線通信) 項番 2 【同一波干渉】

所要離隔距離は、自由空間モデルにおいて 947km、奥村-秦モデルにおいては 14.26km となる。

この結果から空間を飛び回る本システムとの離隔距離としては実現困難な値であり、同一周波数での周波数共用は困難であると考えられる。

② 本システム→アナログ簡易無線(小エリア無線通信) 項番 2 【隣接波干渉 1】

自由空間モデルにおいて 0.98km、奥村-秦モデルにおいて 0.16km となる。

双方システムともに移動業務であり、その運用状況を勘案すると継続した干渉が発生する確率は低く、共用は可能と考えられる。

③ 本システム→アナログ簡易無線(小エリア無線通信) 項番 2 【隣接波干渉 2】

自由空間モデルにおいて 0.53km、奥村-秦モデルにおいて 0.11km となる。

双方システムともに移動業務であり、その運用状況を勘案すると継続した干渉が発生する確率は低く、共用は可能と考えられる。

3) デジタル簡易無線

主にデジタル方式の音声通信用に使用されるが、データや画像伝送を付加することもある。また、中継器を用いて接続することも可能である。

① 本システム→デジタル簡易無線 項番 3 【同一波干渉】

所要離隔距離は、自由空間モデルにおいて 2120km～2669km、奥村-秦モデルにおいては 24.12～28.03km となる。

この結果から空間を飛び回る本システムとの離隔距離としては実現困難な値であり、同一周波数での周波数共用は困難であると考えられる。

② 本システム→デジタル簡易無線 項番 3 【隣接波干渉 1】

自由空間モデルにおいて 1.81km～2.27km、奥村-秦モデルにおいて 0.24km～0.28km となる。

双方システムともに移動業務であり、その運用状況を勘案すると継続した干渉が発生する確率は低く、共用は可能と考えられる。

③ 本システム→デジタル簡易無線 項番 3 【隣接波干渉 2】

自由空間モデルにおいて 1.06km、奥村-秦モデルにおいて 0.11km～0.17km となる。

双方システムともに移動業務であり、その運用状況を勘案すると継続した干渉が発生する確率は低く、共用は可能と考えられる。

4) 地域振興用無線

地域内の企業や団体などがお互いの連絡を密にすることにより地域全体を活性化させることを目的として利用されている。

① 本システム→地域振興用無線 項番 4 【同一波干渉】

所要離隔距離は、自由空間モデルにおいて 947km、奥村-秦モデルにおいては 14.26km となる。

この結果から空間を飛び回る本システムとの離隔距離としては実現困難な値であり、同一周波数での周波数共用は困難であると考えられる。

② 本システム→地域振興用無線 項番 4 【隣接波干渉 1】

自由空間モデルにおいて 0.98km、奥村-秦モデルにおいて 0.16km となる。

双方システムともに移動業務であり、その運用状況を勘案すると継続した干渉が発生する確率は低く、共用は可能と考えられる。

③ 本システム→地域振興用無線 項番 4 【隣接波干渉 2】

自由空間モデルにおいて0.24km、奥村-秦モデルにおいて0.06kmとなる。
双方システムともに移動業務であり、その運用状況を勘案すると継続した干渉が発生する確率は低く、共用は可能と考えられる。

5) コードレス電話

固定電話回線などに接続された親機と子機との間でアナログ無線通信を行う電話機等で使われる。一般的には小電力コードレス電話に利用されておりデジタルコードレス電話とは使用する周波数帯が異なる。

① 本システム→コードレス電話 項番5【同一波干渉】

所要離隔距離は、自由空間モデルにおいて947km、奥村-秦モデルにおいては14.26kmとなる。

この結果から空間を飛び回る本システムとの離隔距離としては実現困難な値であり、同一周波数での周波数共用は困難であると考えられる。

② 本システム→コードレス電話 項番5【隣接波干渉1】

自由空間モデルにおいて0.98km、奥村-秦モデルにおいて0.16kmとなる。

コードレス電話は屋内利用が主であるとともに、双方システムともに移動業務であり、その運用状況を勘案すると継続した干渉が発生する確率は低く、共用は可能と考えられる。

③ 本システム→コードレス電話 項番5【隣接波干渉2】

自由空間モデルにおいて0.75km、奥村-秦モデルにおいて0.14kmとなる。

コードレス電話は屋内利用が主であるとともに、双方システムともに移動業務であり、その運用状況を勘案すると継続した干渉が発生する確率は低く、共用は可能と考えられる。

6) 移動衛星・標準周波数報時衛星・気象衛星

オーブコム、アルゴスシステムなどの人工衛星による衛星通信であり、国際調整の結果により分配が取り決められた周波数を使用している。

その使用実態から他の無線設備との周波数共用は難しいと考えられる。

7) 体内植込み型医療用データ伝送用及び体内植込型医療用遠隔計測用特定小電力機器

心臓ペースメーカーや植込み型除細動器等の生命維持装置や各種センサー等、体内に植え込んだ医療機器から得た心電図、脈拍等の生体情報や体外のモニターからの制御情報等の無線通信を行っている。

その使用実態から他の無線設備との周波数共用は難しいと考えられる。

8) ラジオゾンデ(気象援助用)

400MHz 帯のラジオゾンデは、自由気球等に吊り下げられて飛揚し搭載した各センサーで計測した大気的气象データと複数の GPS 衛星から受信した測位情報を地上へ無線伝送する。飛揚したラジオゾンデは、高度 30km、水平方向には 300km 以上離れた位置まで運ばれることもある。

その使用実態から他の無線設備との周波数共用は難しいと考えられる。

9) 気象用ラジオ・ロボット

人里離れた山林や山頂の雨量などを観測するためのものであり、気象台まで観測データを伝送している。雨量計等からトリガーがあったときに電波を発射する仕組みとなっている。

その使用実態から他の無線設備との周波数共用は難しいと考えられる。

10) 衛星非常用位置指示無線標識(EPIRB)

船舶等に搭載される遭難救助用ブイであり、遭難時に 400MHz 帯の遭難信号等を自動発射する。その電波は、コスパス・サーサット(COSPAS/SARSAT)捜索救難システムの人工衛星局で受信され、衛星から地上局へ 1.5GHz 帯の電波で送り返す。

その使用実態から他の無線設備との周波数共用は難しいと考えられる。

11) デジタル空港無線

空港ごとを基本単位に飛行場およびこれに隣接する一定の区域において、基地局、移動局および宅内用端末・内線電話が整備され自営系業務無線として運用されている。

① 本システム→デジタル空港無線(基地局・移動局) 項番 16 【同一波干渉】

所要離隔距離は、自由空間モデルにおいて 1062km~2994km、奥村-秦モデルにおいては 15.37km~30.22km となる。

この結果から空間を飛び回る本システムとの離隔距離としては実現困難な値であり、同一周波数での周波数共用は困難であると考えられる。

② 本システム→デジタル空港無線(基地局・移動局) 項番 16 【隣接波干渉 1】

自由空間モデルにおいて 1.85km~5.22km、奥村-秦モデルにおいて 0.24km~0.48km となる。

双方システムともに移動業務であり、その運用状況を勘案すると継続した干渉が発生する確率は低く、共用は可能と考えられる。

③ 本システム→デジタル空港無線(基地局・移動局) 項番 16【隣接波干渉 2】
自由空間モデルにおいて 0.53km~1.5km、奥村-秦モデルにおいて 0.11km~0.21km となる。

双方システムともに移動業務であり、その運用状況を勘案すると継続した干渉が発生する確率は低く、共用は可能と考えられる。

12) 連絡無線

親局と子局および親局を経由した子局相互間の音声通話を行う作業連絡用通信システム。

① 本システム→連絡無線 項番 17【同一波干渉】

所要離隔距離は、自由空間モデルにおいて 947km、奥村-秦モデルにおいては 14.26km となる。

この結果から空間を飛び回る本システムとの離隔距離としては実現困難な値であり、同一周波数での周波数共用は困難であると考えられる。

② 本システム→連絡無線 項番 17【隣接波干渉 1】

自由空間モデルにおいて 0.98km、奥村-秦モデルにおいて 0.16km となる。

双方システムともに移動業務であり、その運用状況を勘案すると継続した干渉が発生する確率は低く、共用は可能と考えられる。

③ 本システム→連絡無線 項番 17【隣接波干渉 2】

自由空間モデルにおいて 2.38km、奥村-秦モデルにおいて 0.29km となる。

双方システムともに移動業務であり、その運用状況を勘案すると継続した干渉が発生する確率は低く、共用は可能と考えられる。

13) データ伝送装置医療用テレメータ

医療機関や研究機関で専用受信機に向けて心電図や筋電図等のセンサーから得た生体情報を送信する特定小電力無線局として利用されている。複数メーカーの本テレメータが施設内で混信すること避けるため運用規定が策定されている。

その使用実態から他の無線設備との周波数共用は難しいと考えられる。

14) テレメータ・テレコントロール

特定小電力無線局のテレメータであり、遠隔地点に設置した測定器からの測定結果を自動表示・記録し、テレコントロールは、遠隔地点に設置した装置の始動・変更・終了を行う。近年は鉄鋼・建設分野で使用される建機のテレコントロールにも使用されている。

① 本システム→テレメータ・テレコントロール 項番 19 【同一波干渉】

所要離隔距離は、自由空間モデルにおいて 962km、奥村-秦モデルにおいては 14.41km となる。この結果から空間を飛び回る本システムとの離隔距離としては実現困難な値であり、同一周波数での周波数共用は困難であると考えられる。

② 本システム→テレメータ・テレコントロール 項番 19 【隣接波干渉 1】

自由空間モデルにおいて 0.99km~1.36km、奥村-秦モデルにおいて 0.2km となる。

双方システムともに移動業務であり、その運用状況を勘案すると継続した干渉が発生する確率は低く、共用は可能と考えられる。

③ 本システム→テレメータ・テレコントロール 項番 19 【隣接波干渉 2】

自由空間モデルにおいて 2.42km、奥村-秦モデルにおいて 0.29km となる。

双方システムともに移動業務であり、その運用状況を勘案すると継続した干渉が発生する確率は低く、共用は可能と考えられる。

15) 小電力セキュリティシステム(防犯・非常通報)

主に一般家庭や事業所などで火災、盗難その他非常の通報またはこれに付随する制御を行う無線設備として使用されている。

① 本システム→小電力無線セキュリティシステム 項番 20 【同一波干渉】

所要離隔距離は、自由空間モデルにおいて 1771km、奥村-秦モデルにおいては 21.46km となる。

この結果から空間を飛び回る本システムとの離隔距離としては実現困難な値であり、同一周波数での周波数共用は困難であると考えられる。

② 本システム→小電力無線セキュリティシステム 項番 20 【隣接波干渉 1】

自由空間モデルにおいて 1.25km~2.51km、奥村-秦モデルにおいて 0.3km となる。

双方システムともに移動業務であり、その運用状況を勘案すると継続した干渉が発生する確率は低く、共用は可能と考えられる。

③ 本システム→小電力無線セキュリティシステム 項番 20 【隣接波干渉 2】

自由空間モデルにおいて 3.41km、奥村-秦モデルにおいて 0.36km となる。

双方システムともに移動業務であり、その運用状況を勘案すると継続した干渉が発生する確率は低く、共用は可能と考えられる。

16) 無線電話(特定小電力トランシーバ)

近距離の音声通信に利用されており、特定小電力トランシーバ、特小トランシーバなどと呼ばれることもある。

① 本システム→無線電話(特定小電力トランシーバ) 項番 21【同一波干渉】

所要離隔距離は、自由空間モデルにおいて 962km、奥村-秦モデルにおいては 14.41km となる。

この結果から空間を飛び回る本システムとの離隔距離としては実現困難な値であり、同一周波数での周波数共用は困難であると考えられる。

② 本システム→無線電話(特定小電力トランシーバ) 項番 21【隣接波干渉 1】

自由空間モデルにおいて 0.99km、奥村-秦モデルにおいて 0.16km となる。

双方システムともに移動業務であり、その運用状況を勘案すると継続した干渉が発生する確率は低く、共用は可能と考えられる。

③ 本システム→無線電話(特定小電力トランシーバ) 項番 21【隣接波干渉 2】

自由空間モデルにおいて 2.42km、奥村-秦モデルにおいて 0.29km となる。

双方システムともに移動業務であり、その運用状況を勘案すると継続した干渉が発生する確率は低く、共用は可能と考えられる。

17) 無線呼出(ポケベル)

特定の手順によって、連絡を取りたい相手が持っている通信機器に無線で情報を知らせるために利用される。国内ではポケットベル、英語ではページャーとも呼ばれる。

① 本システム→無線呼出(ポケベル) 項番 22【同一波干渉】

所要離隔距離は、自由空間モデルにおいて 159km、奥村-秦モデルにおいては 4.46km となる。

この結果から空間を飛び回る本システムとの離隔距離としては実現困難な値であり、同一周波数での周波数共用は困難であると考えられる。

② 本システム→無線呼出(ポケベル) 項番 22【隣接波干渉 1】

自由空間モデルにおいて 0.16km、奥村-秦モデルにおいて 0.05km となる。

双方システムともに移動業務であり、その運用状況を勘案すると継続した干渉が発生する確率は低く、共用は可能と考えられる。

③ 本システム→無線呼出(ポケベル) 項番 22【隣接波干渉 2】

自由空間モデルにおいて 2.42km、奥村-秦モデルにおいて 0.29km となる。

双方システムともに移動業務であり、その運用状況を勘案すると継続した干渉が発生する確率は低く、共用は可能と考えられる。

18) アマチュア

アマチュア無線は、金銭上の利益のためではなく、個人的な興味により行う自己訓練、通信および技術研究のための無線通信として利用されている。

その使用実態から本システムとの周波数共用は難しいと考えられる。

19) 国際輸送用データ伝送用アクティブタグシステム

コンテナまたはパレットその他これらに類する輸送用器具を含む、国際輸送用貨物の管理業務に利用されており、国際輸送用データ伝送設備と国際輸送用データ制御設備との間で無線通信を行っている。

使用する周波数は、アマチュア無線に割り当てられている周波数と同じであるため、本システムとの周波数共用は難しいと考える。

20) アナログ簡易無線

空中線電力が最大 5W で、アナログ方式の音声通信用に利用されている。周波数使用期限は、平成 34 年(2022 年)11 月 30 日までとなっている。

① 本システム→アナログ簡易無線 項番 25 【同一波干渉】

所要離隔距離は、自由空間モデルにおいて 962km、奥村-秦モデルにおいては 14.41km となる。

この結果から空間を飛び回る本システムとの離隔距離としては実現困難な値であり、同一周波数での周波数共用は困難であると考えられる。

② 本システム→アナログ簡易無線 項番 2 【隣接波干渉 1】

自由空間モデルにおいて 0.99km、奥村-秦モデルにおいて 0.16km となる。

双方システムともに移動業務であり、その運用状況を勘案すると継続した干渉が発生する確率は低く、共用は可能と考えられる。

③ 本システム→アナログ簡易無線 項番 2 【隣接波干渉 2】

自由空間モデルにおいて 0.24km、奥村-秦モデルにおいて 0.06km となる。

双方システムともに移動業務であり、その運用状況を勘案すると継続した干渉が発生する確率は低く、共用は可能と考えられる。

飛行位置把握システムの受信システムが、既設システムから受ける干渉（被干渉）の検討

同一波干渉については、受信システムの最小受信入力（被干渉許容値）を-114dBm程度と想定し、一例としてデジタル簡易無線との被干渉を検討した場合、同一波干渉の所要離隔距離は、与干渉の所要離隔距離と同等以上の離隔距離を確保する必要がある。また、音声通信を主とする無線システムと共用した場合には、当受信システムへの与干渉が発生した場合には毎秒 1 回各送信システムから送信されたデータの欠損が通話時間分発生することとなり、小型無人機の位置情報を的確に表示することができなくなる。以上の理由により、同一周波数での共用は困難であると考えられる。

なお、隣接波干渉については、前項の与干渉検討と同等の条件を満足することにより、被干渉を回避することが可能であり、隣接周波数配置であれば共用可能であると考えられる。

(3) まとめ

400MHz 帯においては、小型無人機の飛行位置把握のための無線システムの利用周波数として、既存システムと同一の周波数を用いることは困難と考えられる。

400MHz 帯における本システムの周波数は、使用実態から他の無線設備と周波数の共用が困難なシステムの周波数を避けた隣接の周波数において、相手側システムが基地局の場合はその運用状況に配慮しつつ必要に応じて両者間で運用調整を行う事により共用することが可能と考えられる。

5. 実証試験

5.1 実証試験の目的

3で検討したシステム要件及び無線機諸元に基づき設計・作成した試作装置を用いて電波伝搬特性の測定や動作確認等を行うことでシステム要件等の妥当性を確認するとともに、技術的条件策定に向けた基礎データを得ることを目的とする。

5.2 実証試験の概要

実証試験は、本システムを搭載した小型無人機の高度を変化させながら高度毎の電波伝搬特性を確認し、小型無人機からの伝送可能距離を調査することとした。また技術検証事項として、GPSによる位置特定から位置情報が画面表示されるまでの総遅延時間、小型無人機の移動速度による飛行位置・速度の測定能力、同一エリア内複数機の周波数共用（収容台数）について検討した。

また、公開実証試験を福島県南相馬市にて開催し、システム構成等の説明及び小型無人機5機程度を同時に飛行させ、その飛行位置をシステムの表示器及びディスプレイ等に表示させるデモンストレーションを行った。

5.3 プロトタイプ的设计及び作成

3で検討したシステム要件及び無線機諸元案に基づき、プロトタイプ的设计及び作成を行った。無線設備系統図、システム系統図、及び、全体構成を以下に示す。

5.3.1 無線設備系統図

無線設備系統図を図 5-1 に示す。

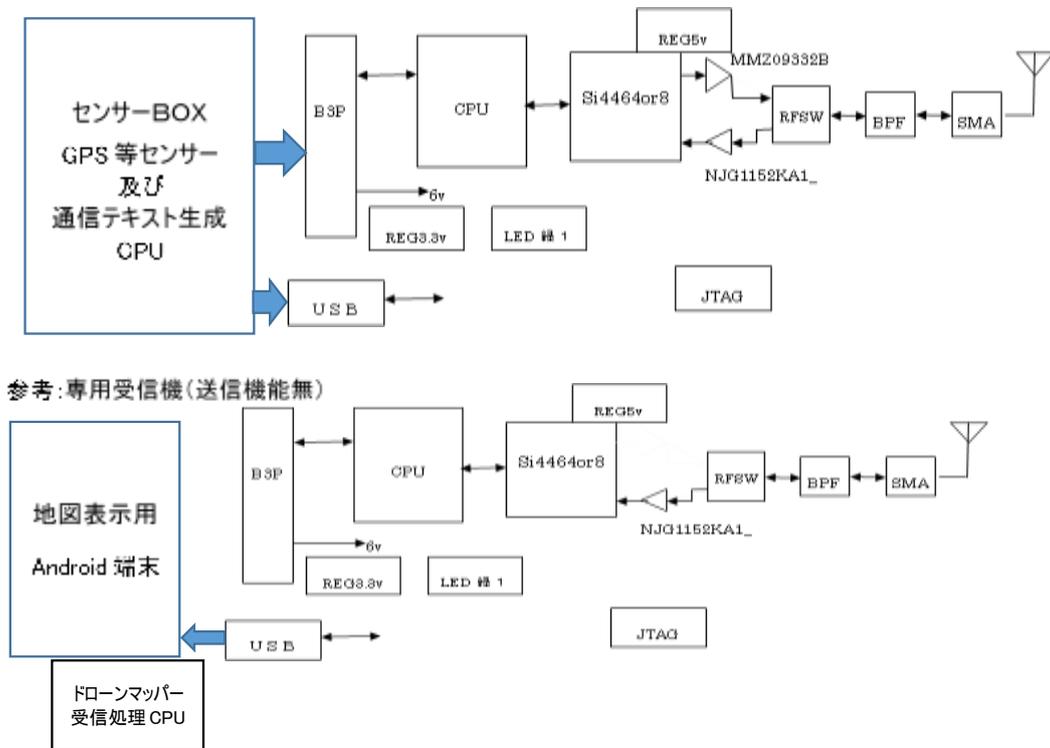


図 5-1 無線設備系統図

5.3.2 システム系統図

システム系統図を図 5-2 に示す。

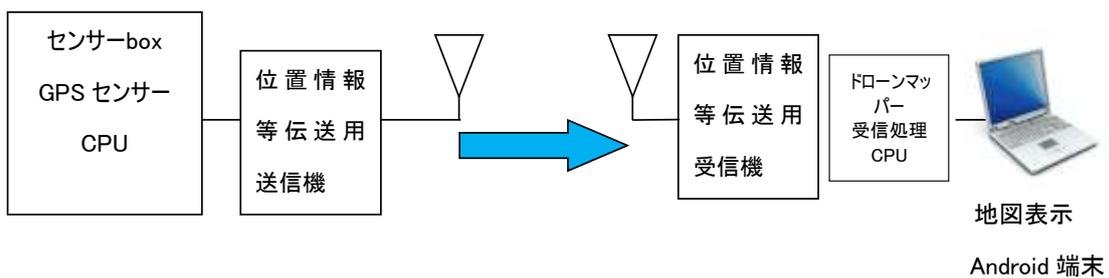


図 5-2 システム系統図

5.3.3 全体構成

システムの全体構成を表 5-1 に示す。また、システムの外観写真を図 5-3 及び図 5-4 に示す。

表 5-1 システム構成

| | システム要件 | 設計 | 備考 |
|----|-------------------------------------|--|---|
| 1 | 飛行位置情報等を計測する機能 | GPS | |
| 2 | 計測した情報(信号)を伝送する機能 | ドローンマッパー方式 (IEEE802.15.8、分散同報型) | |
| 3 | 必要な飛行位置情報の内容(運航安全管理に最低限必要な情報) | 機体識別符号(ID)、日付時刻、緯度、経度、海拔高度、機体種別 地上局、無人航空機ドローン(マルチロータ、シングルロータ)、無人航空機固定翼機、有人ヘリ 有人固定翼機、地上車両) 等 | |
| 4 | 一機体からの送信情報量 | 端末ID(32)、位置情報(8)、時刻(17)、緯度(28)、経度(28)、高度(16)、速度(10)、方向(10)、機体種別(8)、予備(19) : 計 176bit (22B) | バイナリデータ 無線機全体として 352bit 送信時間 18.3ms |
| 5 | 飛行位置を把握できる範囲(所要の通信距離) | 地上受信機から半径 10km 程度まで | 火山災害の場合侵入規制ラインが 4~5Km となるため 10Km 程度の通信が確保できることが望ましい |
| 6 | 飛行位置を把握できる機体数(同時運用機体数) | 同一範囲内において同一周波数で 10 機以上 50 機程度までを想定。 | 火山災害や大規模地震や水害などの場合中に入れないので周辺の数か所から観測する可能性があるため複数機を想定した。 |
| 7 | 飛行位置情報データフォーマット | CSV 形式 | |
| 8 | 飛行位置情報の更新回数 | 毎秒 1 回 | |
| 9 | 飛行位置を計測できる機体速度 | 時速 100km 以上 | GPS デバイス仕様による |
| 10 | 飛行位置情報の誤差 | 10m 以下 | |
| 11 | 飛行位置情報の送信から地上でパソコン等の地図上に表示するまでの遅延時間 | 遅延時間は 1 秒以下 | バースト信号の衝突による遅延は含めない。 |
| 12 | 地上での表示方法等 | 航空写真画面に重畳して表示 | |
| 13 | 受信電界強度の付加 | 受信電文の後にそのパケットの受信電界強度を付加する。 | CSV ファイルに格納 |
| 14 | 通信断時の表示 | 任意に設定した通信断時間を経過すると表示アイコンに×を重ねる。 | 設定時間は 5/10/15/20 秒 |



図 5-3 送信システム（小型無人機側）



図 5-4 受信システム（地上側）

5.4 電波伝搬測定試験

(1) 目的と概要

本試験は、本システムを搭載した小型無人機の高度を変化させながら高度毎の電波伝搬特性を確認し、小型無人機からの伝送可能距離を調査するとともに、奥村・秦カーブとの対応確認を行う。奥村・秦カーブとは、奥村・秦氏により、自動車電話の電波伝搬特性について、開放地、郊外、中小都市、大都市の各エリアで実際に測定試験を行い、伝搬特性近似式として構成され、電波伝搬特性の基礎データとして活用されているものである。

(2) 試験系統図

本試験における試験系統図を図 5-5 に示す。

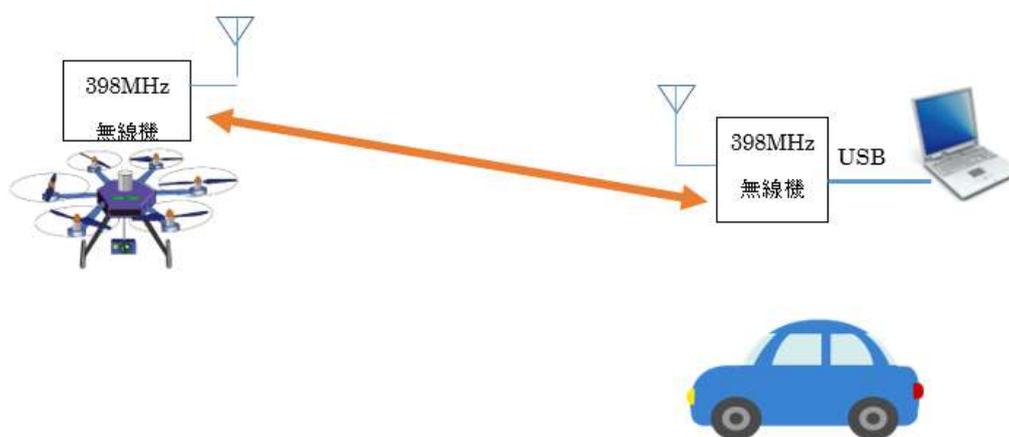


図 5-5 電波伝搬測定試験系統図

無線機の諸元を以下に示す。

- 利用周波数 : 398MHz
 - 占有周波数帯幅の許容値 : 20KHz 以下
 - 変調形式 : 2GFSK
 - 変調速度 : 19.2kbps
 - 空中線電力 : 23dBm (200mW)
 - 送信周期 : 1 秒間の中でのランダム送信
 - 送信アンテナ利得 : 0dBi
 - 受信アンテナ利得 : 4dBi
 - 受信側ケーブル損 : 2dBi
- (伝搬損補正值 : 25dB=23dBi-0dBi+4dBi-2dBi)

また、実験使用機材を以下に示す。

- 位置情報システム用無線機 2台
- タブレット (位置表示用) 1台
- 398MHz アンテナ 1/4λ 1本 (無人機側)
- 398MHz アンテナ 1/2λ 1本
- 小型無人機 (マルチコプター) 1機
- ラジコンシステム (高度センサー付) 1式
- 自動車 1台
- トランシーバ 2台
- その他 電源、配線材、など



図 5-6 無線機設置状況

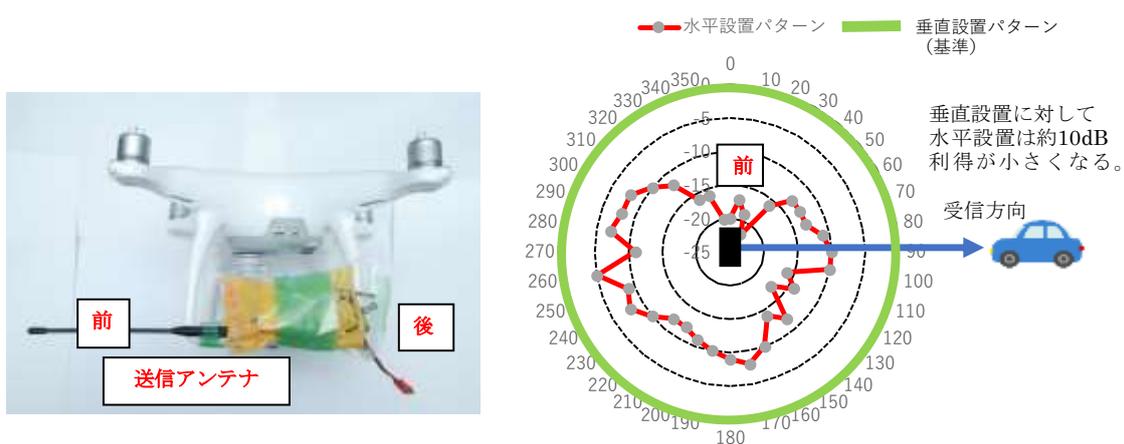


図 5-7 小型無人機へのアンテナ設置状況とアンテナ指向性パターン

(3) 試験場所及び手順

1) 試験場所

電波の発射場所は、宮城県仙台市宮城野区 海岸公園駐車場付近等（ドローンを当該地域でホバリングにて最大 149mまで上下飛行が可能な場所）とした。

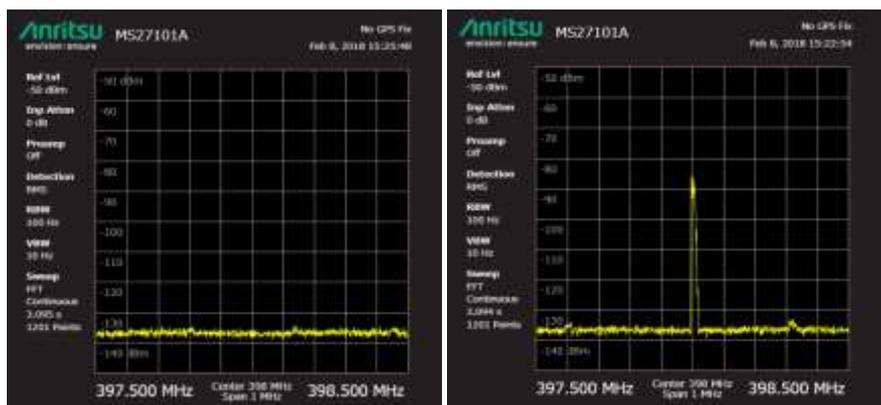
また、測定ポイントは、電波発射地点から仙台空港方面へ直線距離 10km 程度までの任意の地点とした。測定代表地点の配置を図 5-8 に示す。測定地点はマルチパスや遮蔽の大きな影響を回避するよう、基本的に周囲に土盛りや建造物がない場所を選定した。



図 5-8 宮城県仙台市宮城野区における測定代表地点

出所) 地理院地図

また小型無人機発着場付近の電波環境測定結果を図 5-9 に示す。ノイズフロア付近であり自波以外の特に顕著な波は観測されていない。



Anritsu MS27101A Center:398MHz/Span:1MHz
RBW=100Hz/ATT=0dB/Preamp=off

(送信機からの発射時)

図 5-9 電波環境測定結果

2) 試験手順

試験手順を以下に示す。実験に際し、無人機飛行に関しては、補助者を付け、周辺の監視（特に低空飛行する可能性のある有人ヘリコプターに注意し、発見時には無人機を着陸させる。また、有人ヘリコプターが 200m 近傍を通過した場合は、30 分程気流が収まる迄飛行はしないようにする）に注意を払った。

- ① 小型無人機は一定の場所で飛行。
 やや強風のため、基本、高度 80m でホバリングさせ計測を行った。
 高度はラジコンテレメトリーの高度センサー（精度約 1m）で調整した。
 - ・ 6.6km 地点で受信エラーが発生し微風であったため高度 149m に設定した。
 - ・ 10km 地点で 149m から高度を下げて受信エラーする高度を観測した。
 なお、地上受信局（自動車）の空中線高は 2m とした。
- ② 自動車で小型無人機発着場から距離を離れていき、図 5-8 の各測定ポイント (400m、500m、5km、6.6km、10km) において、タブレットの位置情報システムによる位置情報取得可否と RSSI を確認した。

(4) 試験結果と考察

各測定代表地点における測定結果を表 5-2 に、すべての測定結果に関する奥村・秦カーブとの対応を図 5-10 に示す。

表 5-2 測定代表地点における測定結果

| | 地点名 | 北緯 | 東経 | 海拔高 (m) | 小型無人機高 (m) | 受信電力 (dBm) |
|----|----------|---------------|----------------|---------|------------|------------|
| 基点 | 小型無人機発着場 | 38° 13' 34.8" | 140° 58' 56.6" | 5 | — | — |

| | | | | | | |
|---|-------------------|---------------|----------------|----|---------|-----------|
| ① | 400m 地点 荒浜小学校裏 | 38° 13' 22.5" | 140° 58' 49.3" | 5 | 80 | -75 |
| ② | 500m 地点 | 38° 13' 22.7" | 140° 59' 08.5" | 5 | 80 | -65 |
| ③ | 5km 地点 | 38° 11' 04.6" | 140° 57' 48.5" | 15 | 80 | -96 |
| ④ | 6.6km 地点 | 38° 10' 50.1" | 140° 56' 42.0" | 14 | 149 | -99 |
| ⑤ | 10km 地点 | 38° 08' 56.7" | 140° 55' 18.4" | 10 | 149/100 | -101/-105 |

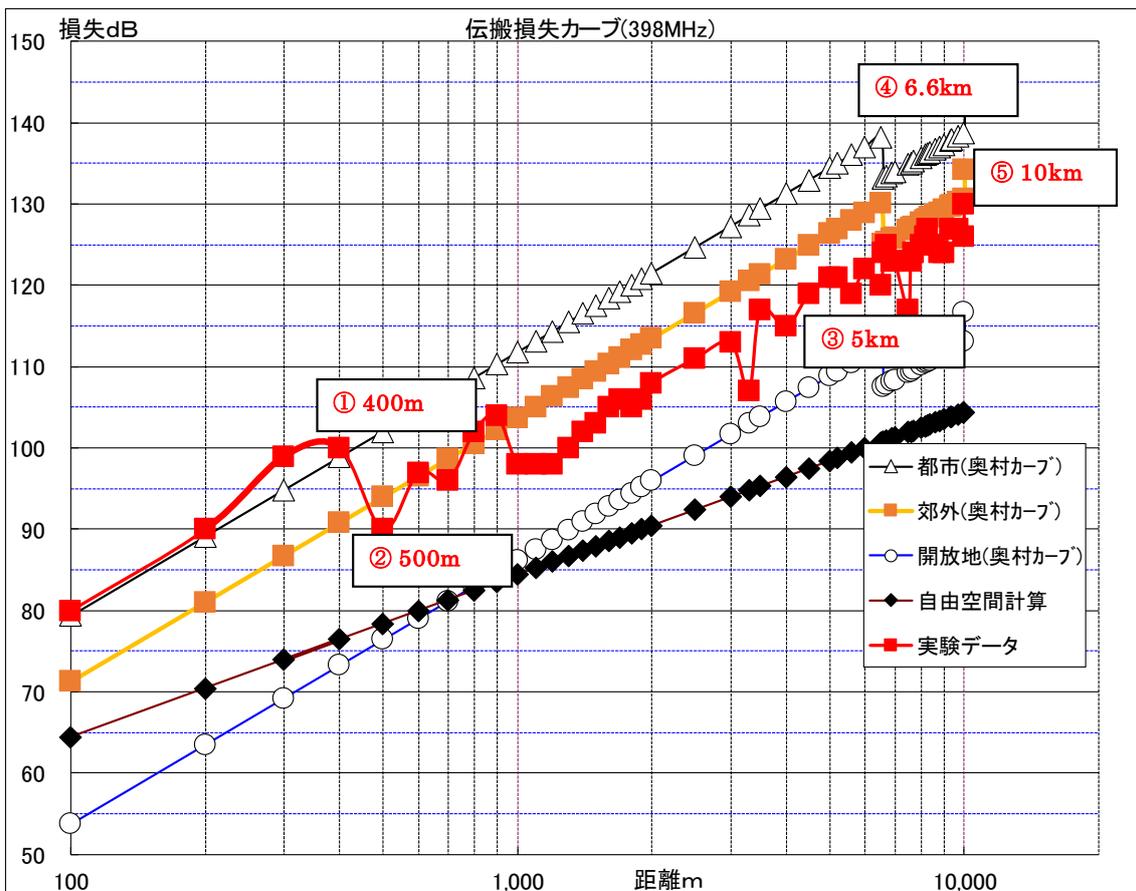


図 5-10 測定結果と奥村・秦カーブとの対応

- ① 400m 地点までは、ドローンと計測点間に 10m 高の土盛りがあり、電力損が大きい結果となった。
- ② 500m 地点は、通信路に障害物がない見通しが良い地域で計測できた。
- ③ 500m～5km 程度まで約 7m 高防潮堤の脇での計測となった。見通しは良いが横からのマルチパスの発生が推測される。(図 5-11)
- ④ 6.6km 地点で受信エラーが発生したため、小型無人機の高度を 80m から 149m に上げ、奥村・秦近似値と同じ 5dB の改善が見られた。(図 5-11)
- ⑤ 10km 地点では小型無人機高度 100m で位置検出ができた。(図 5-11)

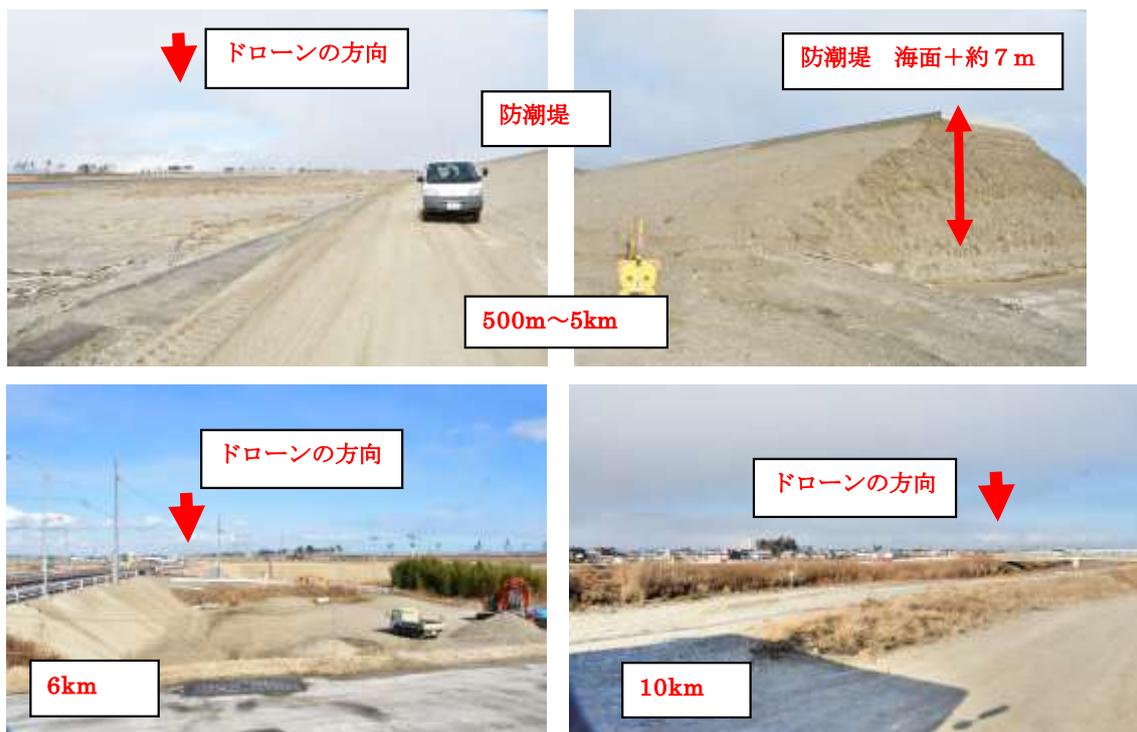


図 5-11 測定地点の状況

小型無人機高度 100m で 10km の離隔で位置情報検出できることが確認できた。測定を行った仙台港沿岸部の環境においては奥村・秦カーブの郊外モデルが近似しており、防潮堤等の周囲環境からも結果は適当と考えられる。

また、図 5-10 の奥村・秦カーブ (郊外タイプ) における高度 149m と高度 80m の差は 5dB 程度であるため (6.6km 地点)、もし小型無人機が高度 149m である場合には 15km 程度の検出が可能であることが推測される。

なお、今回の小型無人機においては、構造上、図 5-7 のようにアンテナを横設置して測定を行ったが、フライトに支障無くアンテナを垂直設置できる小型無人機であれば 10dB 程度改善される。上記の 5dB とあわせると 15dB となり、高度 149m であれば計算上は 20km の離隔においても位置検出の可能性が想定されるが、実際は 20km 程度となると山や建築物等の影響もあり、概ね 15km 程度の通信可能距離が推察される。

5.5 技術検証試験

5.5.1 総遅延時間

(1) 目的と概要

5.3 のプロトタイプ的设计及び作成において設定したシステム要件の 1 つである「飛行位置情報の送信から地上でパソコン等の地図上に表示するまでの遅延時間」について、「遅延時間は 1 秒以下」という要件への適合を検証する。

(2) 試験系統図

総遅延時間試験における試験系統図を図 5-12 に示す。

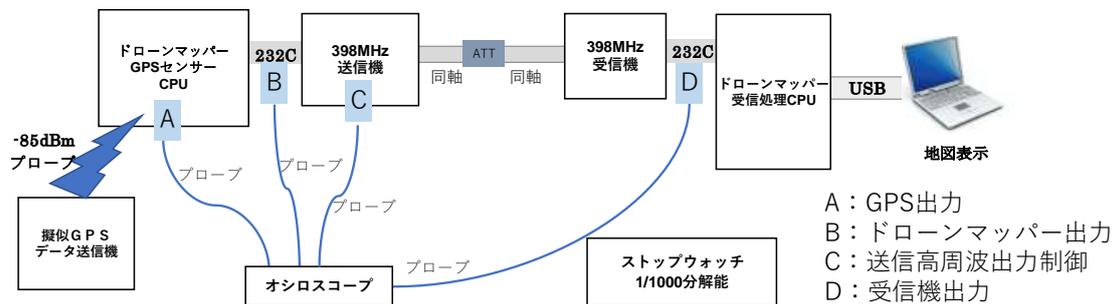


図 5-12 総遅延時間試験における試験系統図

また、試験には以下の使用機材を用いた。

- 位置情報システム 1 式
- GPS シミュレータ (擬似 GPS データ送信機) 1 台
実 GPS のデータを記録して再送信 (国内微弱電波出力以下) する機器
- オシロスコープ 1 台
- ストップウォッチ 1 台
- 記録カメラ 60 フレーム/秒 1 台
- その他 電源、配線材、同軸ケーブルなど

(3) 試験場所及び手順

1) 試験場所

試験は、双葉電子工業 (株) の長生工場内にて実施した。

2) 試験手順

試験手順を以下に示す。

- ① GPS シミュレータ (擬似 GPS データ送信機) にはあらかじめ、屋外で移動したデータを記録しておく。

- ② 図 5-12 のようにシステムを机上に配置する。
- ③ GPS シミュレータ（擬似 GPS データ送信機）から①の記録内容を再生し電波を出して、地図に表示して移動することを確認する。
- ④ ドローンマッパーGPS センサーCPU の出力データをオシロスコープに入れ、それをトリガーにして 398MHz 受信機の 232C もオシロスコープに入れて、その時間差を観測する。（無線区間の遅延が計測できる）
- ⑤ ストップウォッチをスタートさせる。
- ⑥ 398MHz 送信機が電波発射するごとにオシロスコープで観測できるようにする。送信無線機の送信制御ポートにオシロスコープをつなぎ、記録カメラで、オシロスコープ・ストップウォッチ・地図表示を記録する。
- ⑦ カメラの記録データを解析してオシロスコープが電波を観測した時間と地図表示の位置変化した時間の差を算出する。

(4) 試験結果と考察

試験結果を図 5-13 に示す。

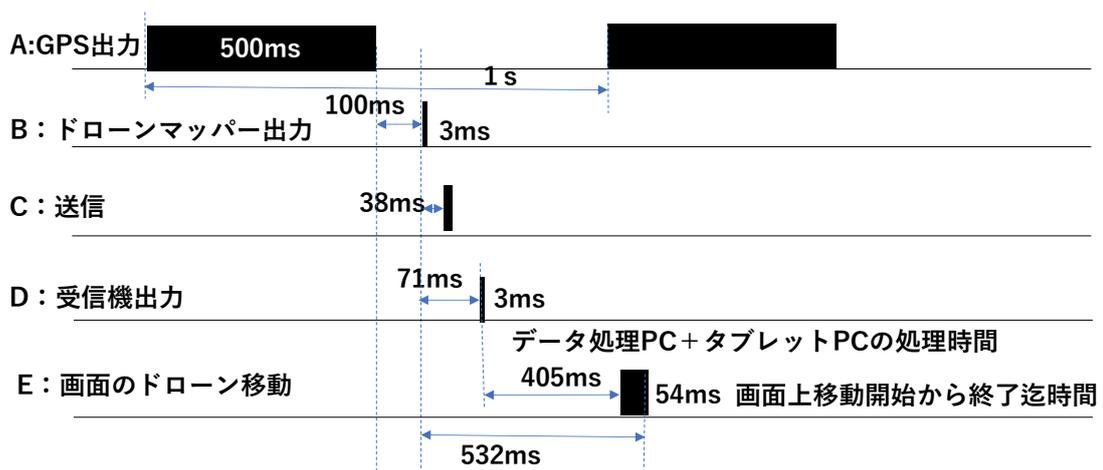


図 5-13 総遅延時間試験結果

GPS がデータを出してから画面のドローン移動が完了するまでの時間は、1132ms (A:500ms+B:100ms+E:532ms)、GPS のデータ出力から計上すれば632ms (B:100ms+E:532ms) となった。

また、無線機自体の遅延時間は 74ms (D:71ms+3ms) であるが、GPS のデータ出力時間 (A:500ms) と、データ処理 PC 及びタブレット PC での処理と描画の時間 (E:405ms+54ms) が、総遅延時間の大きな構成要素となっていることが分かった。

本システムの作成範囲である GPS のデータ出力以降の時間 (632ms) で見れば、「遅延時間は 1 秒以下」という要件に適合しているといえる。

なお、GPS センサーのデータレートを 9600bps から 115.2kbps に設定変更することで、GPS 出力からの総遅延時間は 1132ms から 574ms に改善するが、GPS 出力のサイクルが 1 秒であることは変わらないので、最短でも 1 秒おき (574ms の遅延) の画面更新となる。

5.5.2 飛行位置・速度の測定能力及び誤差

(1) 目的と概要

5.3 のプロトタイプ的设计及び作成において設定したシステム要件である、「飛行位置を計測できる機体速度」及び「飛行位置情報の誤差」について、それぞれの要件である、「時速 100km 以上」及び「10m 以下」への適合を検証する。

(2) 試験系統図

飛行位置と飛行速度の測定能力及びその誤差の試験における試験系統図を図 5-14 に示す。

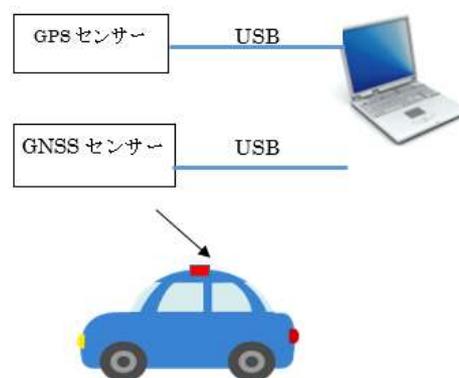


図 5-14 飛行位置・速度の測定能力及び誤差試験における試験系統図

また、試験には以下の使用機材を用いた。

- GPS モジュール 1 台
- GNSS モジュール 1 台
- ノートパソコン (GPS 評価ソフト) 1 台
- 車 1 台 (測定データが多くセンサーをドローン搭載して無線で送ることは出来な
いため車に搭載して記録する)

(3) 試験場所及び手順

1) 試験場所

本試験は、千葉県茂原市近郊の公道及び千葉県内高速道にて実施した。

2) 試験手順

試験手順を以下に示す。また、GPS センサーデータの測定例を図 5-15 に、GNSS センサーデータの測定例を図 5-16 に示す。

- ① GPS センサーおよびGNSS センサーのアンテナを車のルーフの上にとりつける。
- ② 各センサーUSB ケーブルを介して PC に接続する。
- ③ GPS 衛星の補足数が 8 機以上になってから計測を始める。
- ④ 車両速度を変更して計測する。
- ⑤ GPS 評価ソフトを起動する。
- ⑥ 速度毎に評価ソフト計測画面をキャプチャして記録する。
- ⑦ 衛星配置で精度が変わることから、数時間間を空けるか日を変えて測定する。

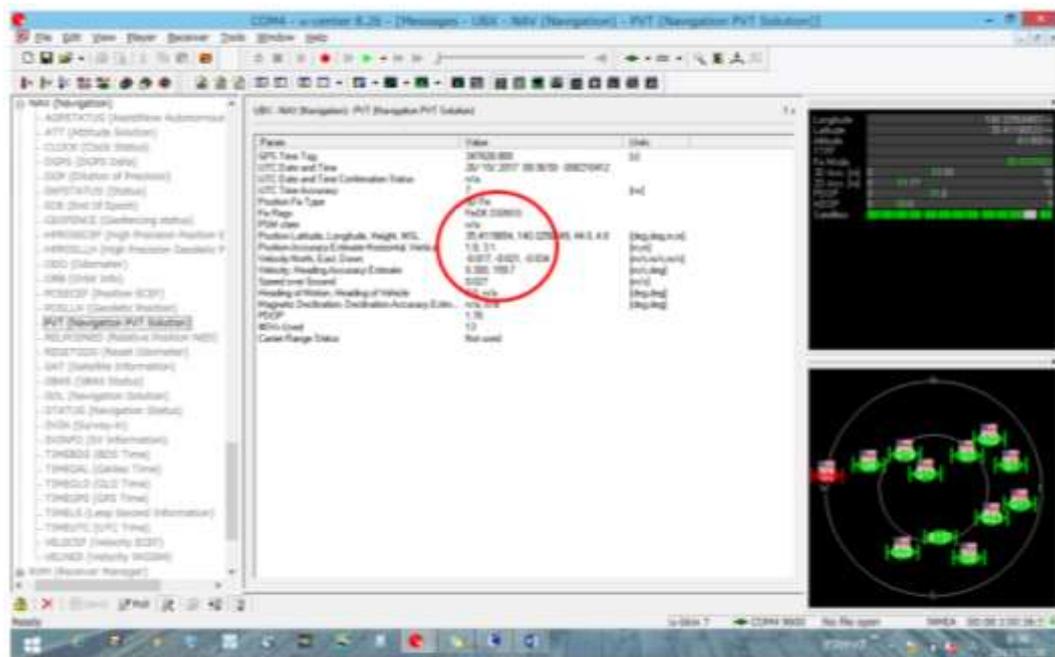


図 5-15 GPS センサーデータの測定例
 (地面の上に置いた状態で右下GPS配置において：衛星数 11 機 水平誤差 1.8m 垂直誤差 3.1m、速度誤差 0.3m/s (1.08Km/h))

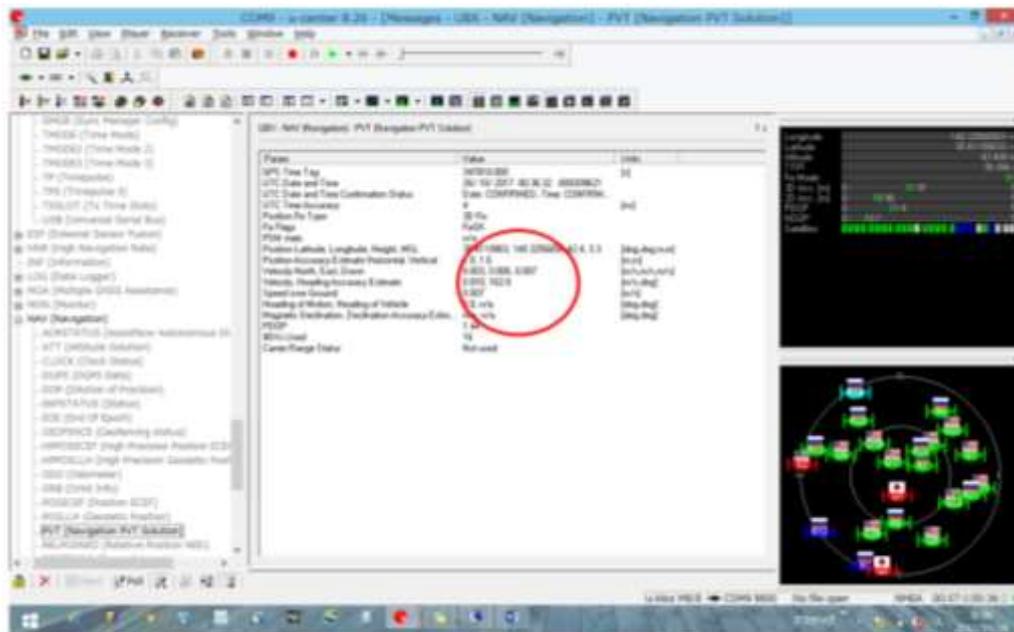


図 5-16 GNSS センサーデータの測定例
 (地面の上に置いた状態で右下 GNSS 配置において：衛星数 23 機 水平誤差 1.0m 垂直誤差 1.6m、速度誤差 0.01m/s (0.036Km/h))

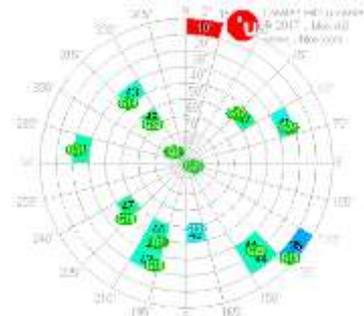
(4) 試験結果と考察

速度毎の測定結果を図 5-17、図 5-18 に示す。

GPS

GPS精度は1σ(確立68.26%)

| Index | UTC | PACCH | PACCV | SoG | | SVs Used |
|-------|-------------------------|--------|--------|-------|-------|----------|
| | 協定世界時 | 水平位置精度 | 垂直位置精度 | 対地速度 | | 使用衛星数 |
| | time date | m | m | m/s | km/h | 機 |
| 1 | 11:19:44.000 11/08/2017 | 0.747 | 1.235 | 0.00 | 0.00 | 7 |
| 2 | 11:13:55.000 11/08/2017 | 1.197 | 1.964 | 2.79 | 10.04 | 7 |
| 3 | 11:14:20.000 11/08/2017 | 0.953 | 1.524 | 5.84 | 20.30 | 7 |
| 4 | 11:14:56.000 11/08/2017 | 0.826 | 1.320 | 8.35 | 30.06 | 7 |
| 5 | 11:16:07.000 11/08/2017 | 0.810 | 1.299 | 11.12 | 40.03 | 7 |
| 6 | 11:15:57.000 11/08/2017 | 0.797 | 1.285 | 13.89 | 50.00 | 7 |



GNSS

GNSS精度は1σ(確立68.26%)

| Index | UTC | PACCH | PACCV | SoG | | SVs Used |
|-------|-------------------------|--------|--------|-------|-------|----------|
| | 協定世界時 | 水平位置精度 | 垂直位置精度 | 対地速度 | | 使用衛星数 |
| | time date | m | m | m/s | km/h | 機 |
| 1 | 11:19:44.000 11/08/2017 | 0.855 | 1.273 | 0.00 | 0.00 | 9 |
| 2 | 11:13:55.000 11/08/2017 | 1.098 | 1.645 | 2.79 | 10.04 | 10 |
| 3 | 11:14:20.000 11/08/2017 | 0.914 | 1.381 | 5.82 | 20.23 | 10 |
| 4 | 11:14:56.000 11/08/2017 | 0.846 | 1.279 | 8.34 | 30.02 | 10 |
| 5 | 11:16:07.000 11/08/2017 | 0.819 | 1.246 | 11.13 | 40.07 | 9 |
| 6 | 11:15:57.000 11/08/2017 | 0.813 | 1.289 | 13.88 | 49.97 | 9 |

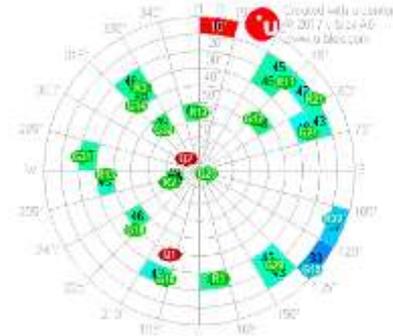
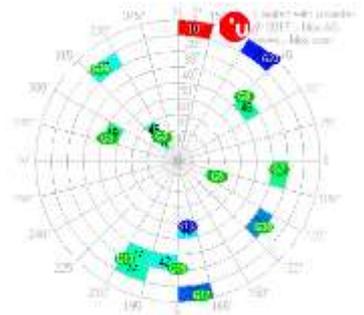


図 5-17 飛行位置・速度の測定能力及び誤差試験結果(時速 50km まで)

GPS

GPS精度は1σ(確立68.26%)

| Index | UTC | PACCH | PACCV | SoG | | SVs Used |
|-------|-------------------------|--------|--------|-------|-------|----------|
| | 協定世界時 | 水平位置精度 | 垂直位置精度 | 対地速度 | | 使用衛星数 |
| | time date | m | m | m/s | km/h | 機 |
| 1 | 02:30:16.000 11/17/2017 | 1.227 | 1.680 | 21.75 | 78.30 | 10 |
| 2 | 02:30:09.000 11/17/2017 | 1.266 | 1.754 | 22.32 | 80.35 | 10 |
| 3 | 02:29:56.000 11/17/2017 | 1.148 | 1.525 | 25.00 | 90.00 | 10 |
| 4 | 02:29:40.000 11/17/2017 | 1.122 | 1.495 | 26.43 | 95.15 | 10 |
| 5 | 02:29:27.000 11/17/2017 | 1.116 | 1.504 | 27.75 | 99.90 | 10 |



GNSS

GNSS精度は1σ(確立68.26%)

| Index | UTC | PACCH | PACCV | SoG | | SVs Used |
|-------|-------------------------|--------|--------|-------|-------|----------|
| | 協定世界時 | 水平位置精度 | 垂直位置精度 | 対地速度 | | 使用衛星数 |
| | time date | m | m | m/s | km/h | 機 |
| 1 | 02:30:16.000 11/17/2017 | 1.017 | 1.441 | 21.74 | 78.26 | 15 |
| 2 | 02:30:09.000 11/17/2017 | 1.036 | 1.462 | 22.33 | 80.39 | 15 |
| 3 | 02:29:56.000 11/17/2017 | 0.955 | 1.374 | 25.01 | 90.04 | 15 |
| 4 | 02:29:40.000 11/17/2017 | 0.950 | 1.380 | 26.42 | 95.11 | 15 |
| 5 | 02:29:27.000 11/17/2017 | 0.955 | 1.392 | 27.76 | 99.94 | 15 |

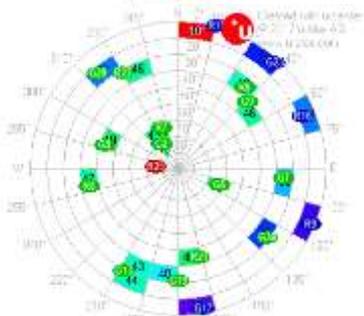


図 5-18 飛行位置・速度の測定能力及び誤差試験結果(時速 100km まで)

時速 50km までにおいては、GPS・GNSS ともに水平方向誤差 1m 程度、垂直方向誤差 1.3m 程度となっている。また、時速 80～100km までにおいては、GPS・GNSS ともに水平方向誤差 1m 程度、垂直方向誤差 1.4m 程度となっており、GNSS の方が誤差は若干小さい。

「飛行位置を計測できる機体速度」に関する要件である「時速 100km 以上」、及び、「飛行位置情報の誤差」に関する要件である「10m 以下」の双方について適合することが確認できた。

5.5.3 同一エリア内複数機の周波数共用

(1) 目的と概要

5.3 のプロトタイプ的设计及び作成において設定したシステム要件の 1 つである「飛行位置を把握できる機体数（同時運用機体数）」について、「同一範囲内において同一周波数で 10 機以上 50 機程度までを想定」という要件への適合を机上検討により検証する。

(2) 検討結果と考察

1 機体からの 1 通信あたりの送信情報量（352bit）の内訳は以下の通りである。

【1 機体からの送信情報量（計 352bit）】

- バイナリデータ（小計 176bit（22B））
 - 端末 ID : 32
 - 位置情報 : 8
 - 時刻 : 17
 - 緯度 : 28
 - 経度 : 28
 - 高度 : 16
 - 速度 : 10
 - 方向 : 10
 - 機体種別 : 8
 - 予備 : 19
- 無線機：通信に必要なデータ（プリアンブル、同期コード、識別符号、CRC など）
（小計 176bit）

3.3 で設定の無線機諸元案における送信時間 20ms 以下に対して、所要通信速度を 19.2kbps とすれば、1 機体からの 1 通信あたりの所要時間は約 18.3ms、

$$19.2\text{kbps(情報速度)}=0.052\text{ms/bit(1 ビットの送信時間：周期)}$$

$$0.052\text{ms/bit} \times 352\text{bit} = 18.3\text{ms}$$

また、同時運用期間数 50 機の場合の合計時間は 915.2ms（18.3ms×50 機）となり、送信時間制御値を満足し、同一周波数での同時運用機体数は理論的には 50 機以上が確保可能となる。

一方、本システムの実装では通信にスロットドアロハ方式を用いており、スロット内でラ

ランダムにデータを出すことで各機体送信データ間の衝突の可能性は低減されているものの、台数が増えてきた場合には衝突確率は上がること、また、3.3の無線局諸元案で言及のように位置情報データの鮮度を保つために古いデータは廃棄で再送制御は行わないため、送信データが衝突した場合には毎秒1回の飛行位置情報の更新履歴に歯抜けの状態が発生しうることには留意が必要である。

現時点ではランダムに様々な機体が参加・離脱することを想定し、このような実装となっているが、今後、システム上で集中管理できるのであれば、予めスロットを区切って効率化を図れる可能性や、無線局諸元案で言及のようにキャリアセンスの実装等は想定され、今後の課題である。

なお本システムでは、表 5-3 に示すように、位置情報の取得や受信電力の状況を確認できるログ記録の機能を備えており、毎秒1回の飛行位置情報の更新に対して、実際の同時運用機体数や送信データ衝突の考察が出来るようになっている。

表 5-3 本システムの出力ログ

| id | datetime | nodeid | type | time | latitude | longitude | velocity | bearing | altitude | bitdata | msgtype | rsi |
|------|---------------------|--------|-------|----------|-----------|------------|----------|----------|----------|--------------------------|---------|------------|
| 計測番号 | 日時(PCがデータを受け取った時間) | 機器識別番号 | 機器タイプ | GPS時間 | 緯度 | 経度 | 速度 Km/h | 移動方向北を0度 | 高度 m | オプションビット(24bit) | 中継数(-1) | 無線受信電力-dBm |
| 8229 | 2017/12/26 14:36:01 | | 15d | 14:36:00 | 37.833482 | 140.995097 | 0 | 0 | 1 | 000000010011001000110001 | 1 | 77 |
| 8230 | 2017/12/26 14:36:01 | | 11d | 14:36:00 | 37.833024 | 140.994881 | 0 | 0 | 1 | 000000010011001000110001 | 1 | 64 |
| 8231 | 2017/12/26 14:36:01 | | 12d | 14:36:00 | 37.833170 | 140.994569 | 0 | 0 | 3 | 000000010011001000110001 | 1 | 60 |
| 8232 | 2017/12/26 14:36:01 | | 13d | 14:36:00 | 37.833389 | 140.994719 | 0 | 0 | 0 | 000000010011001000110001 | 1 | 79 |
| 8233 | 2017/12/26 14:36:01 | | 14d | 14:36:00 | 37.833348 | 140.994893 | 0 | 0 | 7 | 000000010011001000110001 | 1 | 65 |
| 8234 | 2017/12/26 14:36:02 | | 15d | 14:36:01 | 37.833489 | 140.995091 | 0 | 0 | 1 | 000000010011001000110001 | 1 | 77 |
| 8235 | 2017/12/26 14:36:02 | | 11d | 14:36:01 | 37.833029 | 140.994888 | 0 | 0 | 1 | 000000010011001000110001 | 1 | 64 |
| 8236 | 2017/12/26 14:36:02 | | 12d | 14:36:01 | 37.833170 | 140.994560 | 0 | 0 | 3 | 000000010011001000110001 | 1 | 60 |
| 8237 | 2017/12/26 14:36:02 | | 13d | 14:36:01 | 37.833380 | 140.994718 | 0 | 0 | 0 | 000000010011001000110001 | 1 | 79 |
| 8238 | 2017/12/26 14:36:02 | | 14d | 14:36:01 | 37.833341 | 140.994898 | 0 | 0 | 9 | 000000010011001000110001 | 1 | 65 |
| 8239 | 2017/12/26 14:36:03 | | 15d | 14:36:02 | 37.833482 | 140.995097 | 0 | 0 | 1 | 000000010011001000110001 | 1 | 77 |
| 8236 | 2017/12/26 14:36:03 | | 12d | 14:36:02 | 37.833170 | 140.994569 | 0 | 0 | 3 | 000000010011001000110001 | 1 | 60 |

5.6 公開実証試験

(1) 目的と概要

公開実証試験では、目視外飛行する機体の位置表示結果を基にした飛行経路設定や飛行経路変更等の操作のデモなど、操縦者等に対する複数機の位置表示の有効性確認（運航管理への適用性確認）を行った。

(2) 試験系統図

公開実証試験における試験系統図を図 5-19 に示す。

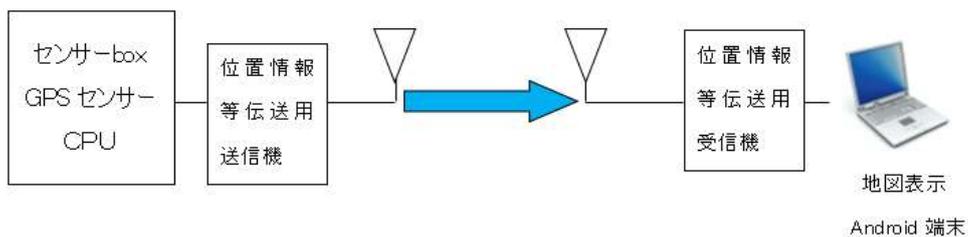


図 5-19 公開実証試験の系統図

(3) 試験場所・機器配置及び試験手順

1) 試験場所

福島県南相馬市

「南相馬市放射線対策総合センター」（福島県南相馬市原町区萱浜巣掛場 45-76）を試験会場として（図 5-20）、ロボットテストフィールドを含む周囲 10km 程度範囲内の地点 10 か所において、送信機搭載ドローン飛行（4 か所）及び送信機配置（ダミー6 か所）を行った。



出所) 地理院地図

図 5-20 試験会場

2) 試験日時

平成30年2月7日(水) 11時30分から12時50分まで

3) 参加人数

75名 (スタッフ、一般申込、及び、メディア関係者を含む)

4) 機器配置

以下の機器を用い (詳細は図 5-21)、図 5-22 及び表 5-4 に示す機器配置とした。

- 飛行可能ドローン 4機
- 位置情報送信システム 10台
- 位置情報受信システム 5台
- アンドロイド 6.0 タブレット 5台
- 連絡用簡易無線機 6台
- モニター 3台
- 画像伝送器 (2.4GHz,5GHz) 2セット
- その他

ドローン用電池・充電器、位置情報システム用電池・充電器
 位置情報受信システムータブレット接続 USB ケーブル
 位置情報受信システムーモニター接続 HDMI ケーブル

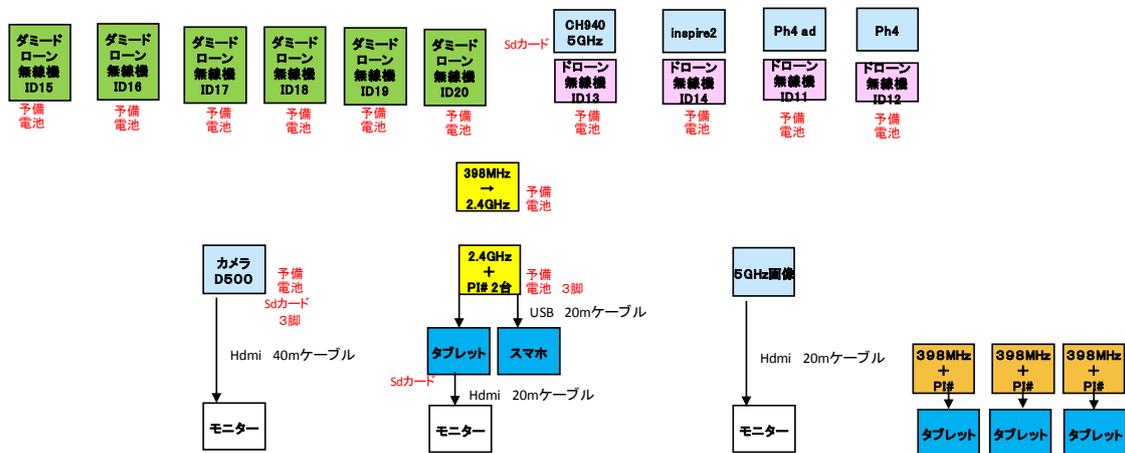


図 5-21 使用機器一覧



図 5-22 機器配置

表 5-4 機器配置の詳細

| | |
|---|--|
| ■ | <ul style="list-style-type: none"> ・ 基地局 (テクノアカデミー浜屋上) ・ 試験会場 (参加者観覧地点: 南相馬市放射線対策総合センター) <p>基地局では以下の計 3 台の映像モニター表示を行った。</p> <ol style="list-style-type: none"> (1) 各送信局からの送信を基地局で受信し、2.4GHz 画像伝送器で伝送 (2) ドローン運行地点 B (ゴルフ場) のドローンからの映像を 5GHz 画像伝送器で伝送 (3) 試験会場前のカメラでドローン運行地点 A (試験会場前) ・ B (ゴルフ場) のドローンが近接飛行する様子を HDMI ケーブルで伝送 |
| ▲ | <p>送信局・ドローン運行地点</p> <p>計 4 地点。操縦者を配置し、操縦者は各地点付近での滞空・飛行等ドローン運行を行った。</p> |
| ● | <p>ダミー送信局・地上等固定設置</p> <p>計 6 地点。送信機は建物屋内や屋上等に固定設置した。</p> |

5) 試験手順

試験手順を以下に示す。

- ① 送信局及びドローンを試験会場周囲 10km 程度内に点在させる。
- ② ①の内、4機のドローン送信局を同時に飛行させる。
- ③ 試験会場モニターに、基地局で受信した各送信局からの位置情報等を 2.4GHz 画像伝送器経由で表示する。
- ④ 試験会場とドローン運行地点 B（ゴルフ場）間で連絡用無線機でのやりとりのもと、地点 B（ゴルフ場）のドローンを地点 A（試験会場前）のドローンに目視接近 50m 程度に接近させる。（図 5-23）
- ⑤ 試験会場と地点 B（ゴルフ場）間で連絡用無線機でのやりとりのもと、地点 B（ゴルフ場）のドローンは飛行経路変更を行い、地点 A（試験会場前）のドローンへの回避行動をとる。（図 5-23）

試験場所及び実施風景写真を図 5-24 に示す。

なお、試験に際しては、以下の点について留意した。

- プロトタイプの実運用に必要な無線局（実験試験局）の開設手続きを行った。
- ドローンの飛行に際しては、航空法及び関係法令を遵守し、人口集中地区（DID：Densely Inhabited District）は対象外とし、高度 150m 未満の飛行を行った。
- 各ドローン飛行時には操縦者と助手の 2 人構成で安全を確保した。



図 5-23 試験（近接飛行）手順概要

出所) 国土地理院地図



南相馬市放射線対策総合センター



東北電力総合研修センター



南相馬市役所からRTF方向



浄化センター



南相馬市立大甕小学校



はらまちフラワーランドからRTF方向



試験会場(南相馬市放射線対策総合センター)



送信局・ドローン運行地点B
(エンルートM's)



送信局・ドローン運行地点A
(スペースワン)



ダミー送信局
(東北電力総合研修センター)

図 5-24 試験場所及び実施風景写真

5.7 実証試験まとめ

3で検討したシステム要件及び無線諸元に基づきプロトタイプ的设计及び作成を行い、飛行位置把握システムの電波伝搬特性や動作確認等の実証を行うことで要件の適切性を確認し、技術的条件の策定につなげることを目的として、電波伝搬測定試験及び技術検証試験を行うとともに、公開実証試験により一般参加者への公開のもとでの検証を行った。

「電波伝搬試験」については、屋外実機検証により、小型無人機高度 100m で 10km の離隔で位置情報検出でき要件に適合していることが確認できた。

「技術検証試験」については、

- 「総遅延時間」は、屋内実機検証により、「遅延時間は 1 秒以下」という要件に適合すること、
 - 「飛行位置・速度の測定能力及び誤差」は、屋外実機検証により、「飛行位置を計測できる機体速度」に関する要件である「時速 100km 以上」、及び、「飛行位置情報の誤差」に関する要件である「10m 以下」の双方について適合すること、
 - 「同一エリア内複数機の周波数共用」は、机上計算により、同一周波数での同時運用機体数は理論的には要件である「50 機」以上が確保可能となること、
- が確認できた。

なお、本システムの社会実装にあたっては、無人航空機からのノイズ対策への留意（HDMI 端子からのノイズ等）、アンテナの実装方法、及び、無人航空機への実装方法（例えば電源供給の方法については、通常時は機体のバッテリーから流用し、緊急時や墜落時には予備バッテリーを使用するといった実装は想定される）の具体化が求められる。

「公開実証試験」においては、目視外飛行する機体の位置表示結果を基にした飛行経路設定や飛行経路変更等の操作のデモなど、操縦者等に対する複数機の位置表示の有効性確認（運航管理への適用性確認）を行い、予定人数上限の参加者のもと、新聞・テレビ等メディアにも多数取り上げられ、本検討の意義を周知することができた。

6. 技術的条件の策定

5の実証試験により無線機諸元案の妥当性が確認されたことを受け、表 6-1 に技術的条件を示す。なお、電波法令に根拠を有するものは括弧で関連規定を記載している。

表 6-1 技術的条件

| 項目 | 内 容 | 備 考 |
|----------------------|---|---|
| 周波数帯 | 347.7MHz～420MHz の範囲において選定 | |
| 通信方式 | 同報 | |
| 周波数の許容偏差 | ±100 万分の 4 以内 | (無線設備規則 第 5 条、別表第 1 号) |
| 占有周波数帯幅の許容値 | 20kHz 以内 | (無線設備規則 第 6 条、別表第 2 号) *1 |
| スプリアス発射又は不要発射の強度の許容値 | 帯域外領域におけるスプリアス発射の強度の許容値： 25 μW 以下 スプリアス領域における不要発射の強度の許容値： 25 μW 以下 | (無線設備規則 第 7 条、別表第 3 号) |
| 空中線電力及びその許容偏差 | 空中線電力：200mW 以下 | 許容偏差：上限 20%、下限 50% (無線設備規則 第 14 条) |
| 隣接チャンネル漏えい電力 | 変調信号の送信速度が毎秒 8 キロビットを超えるものにあつては、搬送波の周波数から 25kHz 離れた周波数の (±) 8kHz の帯域内に輻射される電力が、搬送波電力より 60dB 以上低い値であること。 | (無線設備規則 第 57 条の 3) |
| 送信空中線利得 | 3dBi 以下 | 搭載アンテナは 0dBi |
| 変調方式 | 2 値 FSK | 汎用性の高い 2GFSK 方式を採用 |
| 送信時間 | 20ms 以下 | |
| 休止時間 | 980ms 以上 | |
| 電気通信回線設備に接続可能 | 位置情報送信装置がもつ小型 PC の LAN インターフェースにより、接続可能とする。 | |
| キャリアセンスの必要性 | あり | 送信パケットのスロット管理を併用した自律分散システムによりパケット衝突確率低減を図るため。 |
| 再送制御 | なし | 位置情報データの鮮度を保つために古いデータは廃棄。 |

※1 「無線設備規則 第 6 条 別表第 2 号」の該当する現行規定 (第 13) は、1:4kHz、2:8kHz、3:16kHz の 3 種の規定となっていることより、占有周波数帯幅の許容値 20kHz 以内については規定の追加が必要である。以下に例示する。

例示：「4: 変調信号の送信速度が毎秒 16 キロビットを超え 20 キロビット以下のもの 20kHz」

7. 関連するその他の検討事例

7.1 国土交通省「無人航空機の目視外及び第三者上空での飛行に関する検討会」

無人航空機については、平成 27 年 11 月 5 日の「第 2 回未来投資に向けた官民対話」において「早ければ 3 年以内に、ドローンを使った荷物配送を可能とすることを目指す」との方針が示され、それを受けて同年 12 月 7 日に設立された「小型無人機に係る環境整備に向けた官民協議会」において「小型無人機の更なる安全確保のための制度設計の方向性」（平成 28 年 7 月 29 日）及び「空の産業革命に向けたロードマップ ～小型無人機の安全な利活用のための技術開発と環境整備～」（平成 29 年 5 月 19 日）が取りまとめられたところである。

これらにおいて、無人航空機の目視外及び第三者上空等での飛行の本格化に向けて必要な技術開発と環境整備を進めることとしているところ、無人航空機の目視外及び第三者上空等での飛行について、機体の機能及び性能、無人航空機を飛行させる者並びに安全を確保するための体制に求められる要件等を明らかにするため、「無人航空機の目視外及び第三者上空等での飛行に関する検討会」（以下「検討会」という。）を設けた。

なお、検討会に係る事務局は、国土交通省航空局安全企画課及び経済産業省製造産業局産業機械課が担当している。

本検討会の検討事項は、無人航空機の目視外飛行に係る要件等の検討、無人航空機の第三者上空における飛行に係る要件等の検討、国際標準化に向けた諸外国における基準等、上記検討の参考となる動向の調査分析等である。

具体的には、無人航空機の目視外および第三者上空等における係る要件等として、「無人航空機の飛行に関する許可・承認の審査容量」に定める、許可等に係る基本的な基準項目をベースに、「無人航空機（UAS）」「飛行させるもの（Personnel）」「運航（Operation）」の 3 項目について検討を行った。以下に各項目において求められる要件を示す。なお、検討に際しては、役割（操縦者、安全管理者等）に応じた要件や操縦方法（自動操縦、遠隔操作）に応じた要件等を観点に検討を実施した。

- 無人航空機（UAS）に求められる要件
 - 目視を代替する機能
 - ✓ 機体状態の把握と対応
 - ✓ 周辺環境の把握と対応
 - 第三者に対する安全性の確保
 - ✓ 信頼性の確保 ⇒機体・装備品の信頼性／通信の信頼性／耐環境性
 - ✓ 危害の抑制 ⇒異常発生時の飛行継続／異常発生時の飛行中断／落下・衝突時の危害抑制
 - その他の機能及び性能
- 無人航空機を飛行させる者（Personnel）に求められる要件
 - （※無人航空機の遠隔操作を行う者、自動操縦時の経路設定・飛行開始や飛行中の操作介入を行う者、飛行中の安全を管理する者等を含む）

- 飛行経歴
- 知識
- 能力
- 無人航空機の運航（Operation）に求められる要件
 - 飛行前
 - ✓ 無人航空機に関する事項
 - ✓ 飛行させる者に関する事項
 - ✓ 運航管理及び飛行経路に関する事項
 - 飛行中
 - ✓ 無人航空機に関する事項
 - ✓ 飛行させる者に関する事項
 - ✓ 運航管理及び飛行経路に関する事項
 - 非常時
 - ✓ 損害緩和に関する事項

無人航空機の運航（Operation）に求められる要件の構成は、以下の航空関連法令等を参考に整理している。

- 航空法
 - 第三章 航空機の安全性
 - 第四章 航空従事者
 - 第六章 航空機の運航
- ICAO ANNEX
 - Annex1 Personnel Licensing 「航空従事者の免許」
 - Annex6 Operation of Aircraft 「航空機の運航」
 - Annex8 Airworthiness of Aircraft 「航空機の耐空性」
 - Annex11 Air Traffic Service 「航空交通業務」

7.2 RemoteID に関する検討事例

7.2.1 FAA における無人航空機向け Remote ID の検討

(1) FAA における無人航空機の法制度の概要

U.S. Code Title 49（TRANSPORTATION）の修正提案として、次の2つの規則が整備された。

- FAA Modernization and Reform Act (FMRA) of 2012
 - 用途・重量別の無人航空機の法規則を整備
 - （25kg 未満の小型無人航空機／25kg 以上の無人航空機／公用無人航空機／モデ

ル航空機)

- FAA Extension, Safety, and Security Act of 2016
 - 最新の研究開発や議論動向を踏まえた FAA の権限拡充が規定
 - Title II Aviation Safety Critical Reforms/Sec.2202 Identification standards において、無人航空機向け RemoteID に関する検討を指示

(2) UAS Identification and Tracking Aviation Rulemaking Committee (ARC)

UAS Identification and Tracking Aviation Rulemaking Committee (ARC) は、遠隔からの飛行中の無人航空機の識別や追尾を可能とする無人航空機向け ID の規格を検討する諮問委員会として、2017年6月に設立された。参加機関は、標準化機関 (IEEE、RTCA 等)、通信キャリア (AT&T、Verizon 等)、ドローン企業 (AirMap、DJI、Precision Hawk、Amazon 等)、通信機メーカー (Intel、Qualcomm、uAvionics)、アビオニクス企業、業界団体、研究機関 等、70 機関以上である。

ARC では、セキュリティや公衆安全のニーズや技術・コスト面でのフィージビリティの検討や、法制度の施行や航空管制の要求に合致するかの分析が実施され、ARC の報告は、FAA による目視外飛行や第三者上空飛行の検討に資することを想定している。

無人航空機の特特定・追跡に使用可能な技術として、直接通信・同報型 (ADS-B、ISM 帯通信による直接送信、制御用通信による送信、照明の点滅変調等)、ネットワーク型 (携帯電話網による送信、衛星通信の利用、LAANC (FAA のシステム) の利用等) のシステムが提案された。但し、ARC 内で一部議論のコンセンサスが得られていないまま、取りまとめが行われた。具体的には、識別・追跡の対象とする無人航空機について、ホビー用モデル航空機は対象外とすべきという意見が多く出され、コンセンサスが得られていない状況となっている。

ARC の報告書は、2017年12月に公表された。

7.2.2 DJI による Remote ID の取組み

DJI は、制御用通信電波を使用して、ID を放送する技術を提案しており、地上基地局で制御用通信電波を受信することで、無人航空機の所有者や位置、進行方向、機体種類等を把握することが可能としている。なお、DJI Mavic Pro の制御用通信電波の到達距離は 7km である (FCC 基準 : EIRP は 26dBm)。機体の購入と同時に搭載されるため、追加コストが不要であり、新たなネットワーク・インフラ等が不要であること等がメリットである。

DJI による Remote ID の概要を図 7-1 に示す。

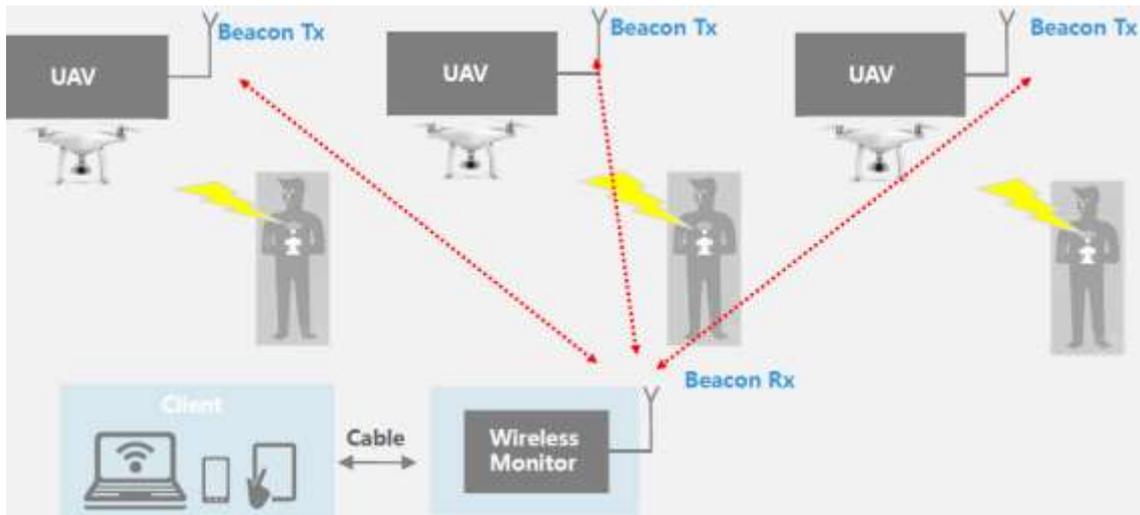


図 7-1 DJI による Remote ID の概要

出所) DRONE ENABLE, ICAO's Unmanned Aircraft Systems (UAS) Industry Symposium, DJI 発表資料

8. 飛行位置把握システムの利用方法等の提言

8.1 飛行位置把握システムの利用方法

飛行位置把握システムの利用方法については、ニーズ調査結果等をもとに、2.4 の表 2-3 に 4 つの用途と利用シーン、主な用件を整理した。整理した要件については、技術検討及び実証結果から、概ね実現可能であることが確認された。

4 つの用途と利用シーン及びその想定ユーザーを表 8-1 に示す。

表 8-1 飛行位置把握システムの利用方法

| 用途 ^{※1} | 利用シーン ^{※1} | 想定ユーザー |
|---------------------------|---|---|
| ①テレメトリ通信のバックアップ | <ul style="list-style-type: none"> • テレメトリ通信が届かない距離の目視外飛行時の代替 • 山間部や海上等、携帯電話網のカバレッジ外での飛行時のテレメトリ代替 | <ul style="list-style-type: none"> • 無人航空機の運航者 |
| ②運航管理システムへのアクセス | <ul style="list-style-type: none"> • GCS 経由でのアクセスに代わり、本システムから必要情報等を取得 • 無人航空機専用空域を提供するサービス等における空域管理者へのアクセス(対 GCS とは別の通信手段) • 都市部/遠隔地等に依らず使用 • 目視内/目視外に依らず使用 | <ul style="list-style-type: none"> • 無人航空機の運航者 • 無人航空機の運航管理事業者^{※2} |
| ③周辺を飛行する無人航空機・有人航空機等の位置把握 | <ul style="list-style-type: none"> • 目視外飛行時に周辺を飛行する無人航空機・有人航空機の接近を把握、必要に応じ警告 • 災害時に被災エリアで使用される無人航空機・有人航空機の位置把握や空域調整 • 都市部/遠隔地に依らず使用 | <ul style="list-style-type: none"> • 無人航空機の運航者 • 官公庁、自治体等^{※3} |
| ④周辺を飛行する無人航空機の識別 | <ul style="list-style-type: none"> • 飛行中の無人航空機の識別情報(所有者、認証情報等)を取得 • 目視内/目視外に依らず使用 | <ul style="list-style-type: none"> • 官公庁、自治体等 |

※1 「用途」「利用シーン」の記載内容は表 2-3 より抜粋

※2 運航管理システムにより、複数の無人航空機の運航者が運用する無人航空機の飛行計画や飛行情報等を管理する事業者

※3 官公庁や自治体が、関係する空域の無人航空機や有人航空機の飛行情報の収集や共有等を行う場合を想定

①②の用途については、表 8-1 の中に記載の通り、無人航空機のテレメトリ通信でも実現可能であり、現在主に使用されている 2.4GHz 帯や 920MHz 帯の特定小電力無線システムや、実用化試験局として使用されつつある携帯電話網等による実現も想定される。こうしたテレメトリの通信手段に対し、本システムは、これらのカバレッジ外を運航する場合の使用、あるいはテレメトリ通信手段の冗長・バックアップとして利用されることが想定される。ニーズ調査の結果、無人航空機の通信手段は二重化等の冗長構成も検討されており、長距離通信が可能な本システムがその一端を担うことが期待される。

③④の用途については、現在のところ実現可能なシステム等はないことから、本システムの早期の実用化を目指すとともに、他の検討中のシステムや制度設計と連携して普及展開を図ることが期待される。

こうした基本的な利用方法を中心に、ニーズ調査の中で要望された、無人航空機が墜落した場合の位置発信機能等を組み合わせて利用することが想定される（ドローンマッパーが備えるマルチホップの機能を有効化して他機を中継させることにより、墜落した無人航空機の地上位置を把握することも考えられる）。

8.2 飛行位置把握システムの普及展開方策

本システムの普及展開にあたり、必要と考えられる方策を以下に示す。

(1) 小型・軽量かつ安価な製品化

本システムは小型無人航空機への搭載を想定すると共に、制御・テレメトリ用の通信装置に対し追加的に搭載するものであることから、本システムの機上装置は、可能な限りの小型・軽量化が求められる。また、安価な製品価格設定が望まれる。

(2) カスタマイズ性の向上

ニーズ調査結果の中でも指摘されたとおり、ユーザーのカスタマイズの自由度が確保されていることが望まれる。

具体的には、地上局の受信性能について、表示速度の高速化やアンテナ受信利得の増大などのカスタマイズが想定される。また、送信フレームについて、ユーザーが自由に利用可能なフレームの設定が要望されており、ユーザーが機上から送信したい情報を追加できることが望ましい。

(3) 官公庁・自治体システムとの連携

官公庁や地方自治体等において、今後無人航空機の位置情報を把握するシステム、あるいは有人航空機と無人航空機の位置情報を把握するシステムの検討が進められていくことが想定される。こうした官公庁や自治体のシステムの中で、無人航空機の位置情報等の送信手段として本システムが利用されるよう働きかけていくことが望ましい。また、製品化にあたっては、こうした官公庁や自治体のシステムとのインターフェースの確保が望まれる。

(4) 制度設計との連携

現在、小型無人航空機に関する制度の検討が、関係府省庁あるいは官民が一体となって検討を行う協議会等において進められている。こうした中で、本システムに関連する論点についても今後議論されることが想定される。

具体的には、機体登録・識別、フライトレコーダ搭載、有人航空機・無人航空機の飛行情報共有等の論点については、飛行位置把握システムの機能との親和性が高い議論である。例えば、機体登録や識別については、機体の識別情報を送信することで、飛行中の機体識別を

実現可能とする。フライトレコーダ搭載については、墜落時の飛行位置送信との組合せにより、事故発生時のデータ回収率の向上に寄与する。飛行位置情報共有については、飛行中のリアルタイム位置送信を実現可能とする。

こうした制度設計の議論において、本システムの有効性を情報提供すると共に、当該制度の実効面を担保するシステムとして位置づけられることが望ましい。

(5) 国際標準化の実施

本システムの普及展開に当たっては、通信規格の国際標準化の推進が有効である。国際標準化を行うことにより、海外の無人航空機製品への導入が期待され、ひいては国内市場への普及展開が期待される。

国際標準化の対象としては、ITU や APT 等における通信規格の標準化に加え、ISO における無人航空機に関する標準化議論の中で、運航管理システムのインターフェースや通信関連の規格化を提案していくことも想定される。

9. まとめ

本調査検討においては、災害対応や物流分野（宅配）等での見直し外における小型無人機の飛行位置等をリアルタイムに把握するために、長距離伝送に適した 400MHz 帯の周波数を利用した新たな飛行位置把握システムの導入に向けて、ニーズ調査を踏まえた基本的なシステム構成や技術的条件、及び、近接する無線システムとの周波数共用の検討を行うとともに、本システムの利用方法の提言を行った。

9.1 飛行位置把握システムのシステム構成及び技術的条件

飛行位置表示システムに適した、主なシステム要件、及び、技術的条件を、以下にまとめる。

表 9-1 主なシステム要件

| システム要件 | 設計 | 備考 |
|-------------------------------------|---|---|
| 飛行位置情報等を計測する機能 | GPS | |
| 計測した情報（信号）を送送する機能 | ドローンマッパー方式 (IEEE802.15.8、分散同報型) | |
| 必要な飛行位置情報の内容（運航安全管理に最低限必要な情報） | 機体識別符号（ID）、日付時刻、緯度、経度、海拔高度、機体種別 | |
| 一機体からの送信情報量 | 端末 ID(32)、位置情報(8)、時刻(17)、緯度(28)、経度(28)、高度(16)、速度(10)、方向(10)、機体種別(8)、予備(19)：計 176bit (22B) | バイナリデータ 無線機全体として 352bit 送信時間 18.3ms |
| 飛行位置を把握できる範囲（所要の通信距離） | 地上受信機から半径 10km 程度まで | 火山災害の場合侵入規制ラインが 4～5Km となるため 10Km 程度の通信が確保できることが望ましい |
| 飛行位置を把握できる機体数（同時運用機体数） | 同一範囲内において同一周波数で 10 機以上 50 機程度までを想定。 | 火山災害や大規模地震や水害などの場合中に入れないので周辺の数か所から観測する可能性があるため複数機を想定した。 |
| 飛行位置情報データフォーマット | CSV 形式 | |
| 飛行位置情報の更新回数 | 毎秒 1 回 | |
| 飛行位置を計測できる機体速度 | 時速 100km 以上 | GPS デバイス仕様による |
| 飛行位置情報の誤差 | 10m 以下 | |
| 飛行位置情報の送信から地上でパソコン等の地図上に表示するまでの遅延時間 | 遅延時間は 1 秒以下 | バースト信号の衝突による遅延は含めない。 |

表 9-2 技術的条件

| 項目 | 内 容 | 備 考 |
|----------------------|---|---|
| 周波数帯 | 347.7MHz～420MHz の範囲において選定 | |
| 通信方式 | 同報 | |
| 周波数の許容偏差 | ±100 万分の 4 以内 | (無線設備規則 第 5 条、別表第 1 号) |
| 占有周波数帯幅の許容値 | 20kHz 以内 | (無線設備規則 第 6 条、別表第 2 号) *1 |
| スプリアス発射又は不要発射の強度の許容値 | 帯域外領域におけるスプリアス発射の強度の許容値： 25 μW 以下 スプリアス領域における不要発射の強度の許容値： 25 μW 以下 | (無線設備規則 第 7 条、別表第 3 号) |
| 空中線電力及びその許容偏差 | 空中線電力：200mW 以下 | 許容偏差：上限 20%、下限 50% (無線設備規則 第 14 条) |
| 隣接チャンネル漏えい電力 | 変調信号の送信速度が毎秒 8 キロビットを超えるものにあつては、搬送波の周波数から 25kHz 離れた周波数の (±) 8kHz の帯域内に輻射される電力が、搬送波電力より 60dB 以上低い値であること。 | (無線設備規則 第 57 条の 3) |
| 送信空中線利得 | 3dBi 以下 | 搭載アンテナは 0dBi |
| 変調方式 | 2 値 FSK | 汎用性の高い 2GFSK 方式を採用 |
| 送信時間 | 20ms 以下 | |
| 休止時間 | 980ms 以上 | |
| 電気通信回線設備に接続可能 | 位置情報送信装置がもつ小型 PC の LAN インターフェースにより、接続可能とする。 | |
| キャリアセンスの必要性 | あり | 送信パケットのスロット管理を併用した自律分散システムによりパケット衝突確率低減を図るため。 |
| 再送制御 | なし | 位置情報データの鮮度を保つために古いデータは廃棄。 |

※1 「無線設備規則 第 6 条 別表第 2 号」の該当する現行規定 (第 13) は、1:4kHz、2:8kHz、3:16kHz の 3 種の規定となっていることより、占有周波数帯幅の許容値 20kHz 以内については規定の追加が必要である。以下に例示する。

例示：「4: 変調信号の送信速度が毎秒 16 キロビットを超え 20 キロビット以下のもの 20kHz」

9.2 飛行位置把握システムと近接する無線システムとの周波数共用

本システムが利用する周波数を 400MHz 帯として、以下の既存システムとの周波数共用検討を行った。

- 1) 地方自治体・公共業務用無線・一般業務用無線
- 2) アナログ簡易無線
- 3) デジタル簡易無線
- 4) 地域振興用無線
- 5) コードレス電話
- 6) 移動衛星・標準周波数報時衛星
- 7) 気象衛星
- 8) 体内植込型医療用データ伝送用【NICS】
- 9) 体内植込型医療用データ伝送用【MEDS】
- 10) 体内植込型医療用遠隔計測用【MITS】
- 11) ラジオゾンデ
- 12) 気象用ラジオ・ロボット
- 13) 気象衛星
- 14) 衛星非常用位置指示無線標識 (EPIRB)
- 15) デジタル空港無線
- 16) 連絡無線
- 17) データ伝送装置医療用テレメータ
- 18) テレメータ、テレコントロール、
- 19) 小電力セキュリティシステム無線 (防犯・非常通報)
- 20) 無線電話 (特定小電力トランシーバー)
- 21) 無線呼出 (ポケベル)
- 22) アマチュア
- 23) 国際輸送用データ伝送用アクティブタグシステム
- 24) アナログ簡易無線

検討結果より、400MHz 帯においては、小型無人機の飛行位置把握のための無線システムの利用周波数として、既存システムと同一の周波数を用いることは困難であることが分かった。400MHz 帯における本システムの周波数は、使用実態から他の無線設備と周波数の共用が困難なシステムの周波数を避けた隣接の周波数において、相手側システムが基地局の場合はその運用状況に配慮しつつ必要に応じて両者間で運用調整を行う事により、共用することが可能と考えられる。

9.3 飛行位置把握システムの利用方法の提言

ニーズ調査結果及び実証試験による実現可能性の検討も踏まえ整理した、飛行位置把握システムの利用方法を、以下にまとめる。

表 9-3 飛行位置把握システムの利用方法

| 用途 | 利用シーン | 想定ユーザー |
|---------------------------|---|---|
| ①テレメトリ通信のバックアップ | <ul style="list-style-type: none"> ・ テレメトリ通信が届かない距離の目視外飛行時の代替 ・ 山間部や海上等、携帯電話網のカバレッジ外での飛行時のテレメトリ代替 | <ul style="list-style-type: none"> ・ 無人航空機の運航者 |
| ②運航管理システムへのアクセス | <ul style="list-style-type: none"> ・ GCS 経由でのアクセスに代わり、本システムから必要情報等を取得 ・ 無人航空機専用空域を提供するサービス等における空域管理者へのアクセス(対 GCS とは別の通信手段) ・ 都市部/遠隔地等に依らず使用 ・ 目視内/目視外に依らず使用 | <ul style="list-style-type: none"> ・ 無人航空機の運航者 ・ 無人航空機の運航管理事業者^{※1} |
| ③周辺を飛行する無人航空機・有人航空機等の位置把握 | <ul style="list-style-type: none"> ・ 目視外飛行時に周辺を飛行する無人航空機・有人航空機の接近を把握、必要に応じ警告 ・ 災害時に被災エリアで使用される無人航空機・有人航空機の位置把握や空域調整 ・ 都市部/遠隔地に依らず使用 | <ul style="list-style-type: none"> ・ 無人航空機の運航者 ・ 官公庁、自治体等^{※2} |
| ④周辺を飛行する無人航空機の識別 | <ul style="list-style-type: none"> ・ 飛行中の無人航空機の識別情報(所有者、認証情報等)を取得 ・ 目視内/目視外に依らず使用 | <ul style="list-style-type: none"> ・ 官公庁、自治体等 |

※1 運航管理システムにより、複数の無人航空機の運航者が運用する無人航空機の飛行計画や飛行情報等を管理する事業者

※2 官公庁や自治体が、関係する空域の無人航空機や有人航空機の飛行情報の収集や共有等を行う場合を想定

①②の用途については表中に記載の通り、無人航空機のテレメトリ通信でも実現可能であり、現在主に使用されている 2.4GHz 帯や 920MHz 帯の特定小電力無線システムや、実用化試験局として使用されつつある携帯電話網等による実現も想定されるが、こうしたテレメトリの通信手段に対し、本システムは、これらのカバレッジ外を運航する場合の使用、あるいはテレメトリ通信手段の冗長・バックアップとして利用されることが想定される。ニーズ調査の結果より、無人航空機の通信手段は二重化等の冗長構成も検討されており、長距離通信が可能な本システムがその一端を担うことが期待される。

③④の用途については、現在のところ実現可能なシステム等はないことから、本システムの早期の実用化を目指すとともに、他の検討中のシステムや制度設計と連携して普及展開を図ることが期待される。

こうした基本的な利用方法を中心に、ニーズ調査の中でも要望された、無人航空機が墜落した場合の位置発信機能等を組み合わせて利用することが想定される。

資料編

資料 1 小型無人機の飛行位置把握に係る無線システムの調査検討会 開催趣旨

近年、災害対応や物流分野（宅配）等の分野において小型無人機の利活用に向けた実証試験が進んでおり、小型無人機の自律飛行による見通し外での長距離飛行に対するニーズが高まりを見せている。

このため、政府では、「小型無人機の利活用と技術開発のロードマップ」（小型無人機に係る環境整備に向けた官民協議会決定）において、「目視外飛行の実現に向けた電波利用の在り方について、小型無人機の運航ルール・技術開発の進展や国際動向も踏まえて、調査・検討を進める」ことが決定された。また、平成 28 年度に総務省が行った「小型無人機が目視外飛行実現に向けた周波数有効利用方策に関する調査検討会」報告書では、目視外飛行に必要な無線通信の機能・性能、周波数案が検討され、ここでは位置配信・衝突回避のためのシステムについて 400MHz 帯及び 920MHz 帯の周波数とその候補として提案されたところである。

本調査検討会では、これらの周波数帯を対象に、電波伝搬特性、無線機器の製造の容易さ（低廉化・小型化・省消費電力化等）及びデータ取得のリアルタイム性等を比較考量しながら、地上から 10km 程度離れた地点における小型無人機の飛行位置等が取得可能な「新たな飛行位置把握システム」について、その基本的な構成や技術的条件を導出することを目的としている。

資料 2 小型無人機の飛行位置把握に係る無線システムの調査検討会 設置要領

本調査検討会は、東北総合通信局長が委嘱する委員により構成する。
運営は以下のとおりとする。

- ① 本調査検討会に座長及び副座長を置く。
- ② 座長は調査検討会の招集及び主宰を行うものとし、東北総合通信局長が委員の中から指名する。
- ③ 副座長は座長不在時にその任にあたるものとし、座長が委員の中から指名する。
- ④ 座長は、必要があると認めるときは調査検討会に有識者の出席を求め、意見を述べさせ又は説明させることができる。
- ⑤ 本調査検討会における技術的な検討等を行うため、座長が委員の中から指名する者による作業グループを設置することができる。
- ⑥ その他、調査検討会の運営に関する事項は調査検討会において定める。

本調査検討会は、その設置の日から平成 30 年 3 月 30 日までの間に設置する。

なお、第 1 回調査検討会の事務局は、東北総合通信局無線通信部企画調整課、第 2 回調査検討会以降の事務局は、東北総合通信局無線通信部企画調整課及び（株）三菱総合研究所が担当する。

資料3 小型無人機の飛行位置把握に係る無線システムの調査検討会 委員構成

座長： 加藤 寧 国立大学法人東北大学 電気通信研究機構 機構長

副座長： 矢口 勇一 公立大学法人会津大学 准教授

委員：（五十音順）

秋本 修 日本無人機運行管理コンソーシアム(JUTM) 事務局長

姉齒 章 双葉電子工業株式会社 システムソリューション事業センター技術部
主管技師

神沢 吉洋 南相馬市商工労政課 ロボット産業推進担当課長

北島 明文 福島県産業創出課 ロボット産業推進室長

小林 康宏 株式会社スペースワン 代表取締役

辺見 俊彦 株式会社エンルートM's 代表取締役

三浦 龍 国立研究開発法人情報通信研究機構(NICT)

ワイヤレスネットワーク総合研究センター 上席研究員

中村 英樹 日本無線株式会社東北支社 企画推進課長

資料 4 検討経過報告

| 会合 | 日程 | 場所 | 議題 |
|-----|----------------|---|---|
| 第1回 | 2017年 7月12日 | 東北総合通信局 12階会議室 | <ul style="list-style-type: none"> • 主催者挨拶 • 開催要綱の確認 • 議題 <ul style="list-style-type: none"> ✓ 調査検討会の検討事項とその視点について ✓ 作業グループの設置について |
| 第2回 | 2017年 9月8日 | TKP 仙台東ロビ ジネスセンター カンファレンス ルーム 2C | <ul style="list-style-type: none"> • 議題 <ul style="list-style-type: none"> ✓ システムの基本的な構成及び技術的条件案に ついて ✓ プロトタイプ的设计及び作成案について |
| 第3回 | 2017年 12月1日 | ヒューモスファ イヴ仙台駅前会 議室 大(Aホー ル) 8F | <ul style="list-style-type: none"> • 議題 <ul style="list-style-type: none"> ✓ 小型無人機の利用形態と通信ニーズ調査結果 について ✓ プロトタイプ的设计及び作成案について ✓ 実フィールドにおける検証案について ✓ 調査検討報告書の構成案について |
| 第4回 | 2018年 2月7日 | 南相馬市放射線 対策総合センタ ー | <ul style="list-style-type: none"> • 議題 <ul style="list-style-type: none"> ✓ 実証試験結果速報について ✓ 他の無線局との周波数共用条件案について ✓ 調査検討報告書案について |
| 第5回 | 2018年 3月13日 | ヒューモスファ イヴ仙台駅前会 議室 大(Aホー ル) 8F | <ul style="list-style-type: none"> • 議題 <ul style="list-style-type: none"> ✓ 調査検討報告書案について • 報告書手交式 • 主催者挨拶 |

資料5 共用検討(計算に用いた諸元)

| 項番 | 主な用途 | 主な規格(無線通信方式および引用資料) | | 技術的条件(送受信装置) | | | | | | |
|----|--------------------------------------|--|--------------------------------------|-------------------|---------------------------------|----------------|---------------|-----------|--------------|--------------|
| | | | | 空中線電力 | 基準感度 | スプリアスレシボンス | 周波数 | 占有周波数帯域幅 | 許容干渉レベル(帯域内) | 感度抑圧レベル(帯域外) |
| 1 | 地方自治体 公共業務用無線 一般業務用無線 | 狭帯域デジタル通信方式(TDMA) | RCR STD-39 | 40W | 9dB μ V | 規格感度 | 400MHz | 24.3kHz | -114.4dBm | -48.4dBm |
| | | | | 5W | 9dB μ V | +3dB+53dB | 400MHz | 24.3kHz | -114.4dBm | -48.4dBm |
| | | 狭帯域デジタル通信方式(SCPC/FDMA) | ARIB STD-T61 | 50W | 0dB μ V | +3+53dB | 400MHz | 5.8kHz | -123.4dBm | -57.4dBm |
| | | | | 10W | 0dB μ V | | 400MHz | 5.8kHz | -123.4dBm | -57.4dBm |
| | | 狭帯域デジタル通信方式(SCPC/4値FSK) | ARIB STD-T102 | 50W | 0dB μ V | +3+53dB | 400MHz | 5.8kHz | -124.3dBm | -57.4dBm |
| | | | | 10W | 0dB μ V | | 400MHz | 5.8kHz | -124.3dBm | -57.4dBm |
| | | | | 2W | (-113dBm) | | 400MHz | 5.8kHz | -124.3dBm | -57.4dBm |
| | | | | アナログ無線設備 | | | | | | |
| 2 | アナログ簡易無線 | 小エリア無線通信システム | RCR STD-44 | 1.1W | 2 μ V (6dB μ) | +3+50dB | 400MHz | 8.5kHz | -116.4dBm | -51.4dBm |
| 3 | デジタル簡易無線 | デジタル簡易無線 ($\pi/4$ シフトQPSK) | ARIB STD-T98 | 5W | 0dB μ V | 規格感度+3dB時+53dB | 400MHz | 5.8kHz | -123.4dBm | -57.4dBm |
| | | デジタル簡易無線 (RZ SSB) | | 400MHz | | | 5.8kHz | -123.4dBm | -57.4dBm | |
| | | デジタル簡易無線 (4値FSK) | | 400MHz | | | 5.8kHz | -124.3dBm | -57.4dBm | |
| 4 | 地域振興用無線 | 地域振興用無線局の無線設備 | RCR STD-40 | 10W | 2 μ V (6dB μ) | +3+60dB | 400MHz | 8.5kHz | -116.4dBm | -44.4dBm |
| 5 | コードレス電話 | コードレス電話の無線局の無線設備 | RCR STD-13 | 0.01W | 2 μ V (6dB μ) | +3+50dB | 400MHz | 8.5kHz | -116.4dBm | -54.4dBm |
| 6 | 移動衛星 | 地球から宇宙 | | | | | | | | |
| | 標準周波数報時衛星 | (オープンコム低軌道衛星・国際分配) | | | | | | | | |
| 7 | 気象衛星 | 電波法関係審査基準 | | 41dBm (EIRP) | | | | 7.0kHz | | |
| | | 宇宙から地球(アルゴシステム)周波数指定・国際調整結果を遵守 | | 37dBm (EIRP) | | | | 20.0kHz | | |
| 8 | 体内挿込型医療用データ伝送用及び体内挿込型医療用遠隔計測用特定小電力機器 | 特定小電力無線局 体内挿込型医療用データ伝送用[MICS] | TELEC 特定無線設備の技術基準 | 25 μ W (EIRP) | 標準規格なし | 標準規格なし | 400MHz | 300.0kHz | -77.6dBm | |
| 9 | 体内挿込型医療用遠隔計測用特定小電力機器 | 特定小電力無線局 体内挿込型医療用データ伝送用[MEDS] | 特定小電力機器(12)小電力無線システム委員会報告 H12年12月11日 | 25 μ W (EIRP) | 標準規格なし | 標準規格なし | 400MHz | 100.0kHz | | |
| 10 | | 特定小電力無線局 体内挿込型医療用遠隔計測用[MITS] | | 100nW (EIRP) | 標準規格なし | 標準規格なし | 400MHz | 300.0kHz | -77.6dBm | |
| 11 | ラジオホンデ | 電波法関係審査基準(単信または同報) | 小電力無線システム委員会報告 H12年12月11日 | 0.2W | | | 400MHz | 60.0kHz | -122.4dBm | |
| 12 | 気象用ラジオ・ロボット | 電波法関係審査基準(送信または中継) | | 1W | | | 400MHz | 8.5kHz | -89.4dBm | |
| 13 | 気象衛星 | (ひまわり) | | | | | | | | |
| 14 | 衛星非常用位置指示無線標識(EPIRB) | GOSPAS-SARSAT規格 電気通信技術審議会諮問第50号「海上無線通信設備の技術条件」のうち「救命用携帯無線機の技術的条件」 | T.001(技術要件) | 5W | | | | | | |
| 15 | デジタル空港無線 | 空港内デジタル移動通信システム(TDMA/ $\pi/4$ シフトQPSK) | ARIB STD-T87 | 40W | 6dB μ V | +3+53dB | 400MHz | 24.3kHz | -117.4dBm | -51.4dBm |
| | | | | 3W | 6dB μ V | +3+53dB | 400MHz | 24.3kHz | -117.4dBm | -51.4dBm |
| | | 空港内デジタル移動通信システムTYPE2(TDMA/ $\pi/4$ シフトQPSK) | ARIB STD-T114 | 40W | 6dB μ V | +3+53dB | 400MHz | 24.3kHz | -117.4dBm | -51.4dBm |
| | | | | 3W | 6dB μ V | +3+53dB | 400MHz | 24.3kHz | -117.4dBm | -51.4dBm |
| 16 | 連絡無線 | 空中線電力1mW以下の陸上移動業務の無線局(作業連絡用)の無線設備 | RCR STD-31 | 1mW | 2 μ V (6dB μ) | +3+40dB | 400MHz | 8.5kHz | -116.4dBm | -64.4dBm |
| 17 | データ伝送装置 医療用テレメータ | 特定小電力無線局 医療用テレメータ用無線設備 A型(アナログ式) | RCR STD-21 | 1mW | 5.4dB μ V | +3+60dB | 400MHz | 8.5kHz | -117.4dBm | -45.4dBm |
| | | | | B型(アナログ式) | 1mW | | 9.4dB μ V | 400MHz | 16.0kHz | -113.4dBm |
| | | C型(アナログ式) | | 1mW | 12.4dB μ V | 400MHz | 32.0kHz | -110.4dBm | -38.4dBm | |
| | | D型(アナログ式) | | 1mW | 15.4dB μ V | 400MHz | 64.0kHz | -107.4dBm | -35.4dBm | |
| | | E型(アナログ式) | | 10mW | 23.4dB μ V | 400MHz | 320.0kHz | -99.4dBm | -27.4dBm | |
| | | A型(デジタル式) | | 1mW | 3.4dB μ V | 400MHz | 8.5kHz | -121.3dBm | -57.4dBm | |
| | | B型(デジタル式) | | 1mW | 6.4dB μ V | 400MHz | 16.0kHz | -118.3dBm | -56.8dBm | |
| | | C型(デジタル式) | | 1mW | 9.4dB μ V | 400MHz | 32.0kHz | -115.3dBm | -56.8dBm | |
| | | D型(デジタル式) | | 1mW | 12.4dB μ V | 400MHz | 64.0kHz | -112.3dBm | -48.4dBm | |
| | | E型(デジタル式) | | 10mW | 19.4dB μ V | 400MHz | 320.0kHz | -105.3dBm | -41.4dBm | |
| | | BAN型(デジタル式) | | 0.1mW | 規定しない | 400MHz | 230.0kHz | | | |
| 18 | テレメータ、テレコントロール、データ伝送 | 特定小電力無線局 400MHz帯及び1200MHz帯テレメータ用、テレコントロール用及びデータ伝送用無線設備 | ARIB STD-T67 | 0.001W | 2 μ V (6dB μ) | 規格感度+3dB時+40dB | 400MHz | 8.5kHz | -116.4dBm | -64.4dBm |
| | | | | 0.001W | | | 400MHz | 16.0kHz | -116.4dBm | -64.4dBm |
| | | | | 0.01W | | | 400MHz | 8.5kHz | -116.4dBm | -64.4dBm |
| 19 | 小電力セキュリティシステム無線(防犯・非常通報) | 小電力セキュリティシステムの無線局の無線設備 I型 | RCR STD-30 | 1W | 3.4dB μ V | 規格感度+3dB時+40dB | 400MHz | 4.0kHz | -121.3dBm | -67.4dBm |
| | | | | 1W | 3.4dB μ V | | 400MHz | 8.5kHz | -121.3dBm | -67.4dBm |
| | | | | 1W | 3.4dB μ V | | 400MHz | 12.0kHz | -121.3dBm | -67.4dBm |
| | | | | 1W | 3.4dB μ V | | 400MHz | 16.0kHz | -121.3dBm | -67.4dBm |
| 20 | 無線電話(特定小電力トランシーバー) | 特定小電力無線局 無線電話用無線設備 | RCR STD-20 | 10mW | 2 μ V (6dB μ) | 規格感度+3dB時+40dB | 400MHz | 8.5kHz | -116.4dBm | -64.4dBm |
| 21 | 無線呼出(ボケベル) | 特定小電力無線局 無線呼出用無線設備 | RCR STD-19 | 10mW | 40dB μ V/m (21.6dB μ V) | +3+40dB | 400MHz | 8.5kHz | -100.4dBm | -64.4dBm |
| 22 | アマチュア | 電波法関係審査基準 | | 50W | | | 月面反射通信は500W | | | |
| 23 | 国際輸送用データ伝送用アクティブシステム | 特定小電力無線局 433MHz帯国際輸送用データ伝送用設備 | ARIB STD-T92 | 1mW | 規定なし | 規定なし | 400MHz | 200.0kHz | | |
| | | | | 0.1mW | 規定なし | 規定なし | 400MHz | 500.0kHz | | |
| 24 | アナログ簡易無線 | 400MHz帯簡易無線局の無線設備 | RCR STD-10 | 5W | 2 μ V (6dB μ) | +3+60dB | 400MHz | 8.5kHz | -116.4dBm | -44.4dBm |

資料 6 共用検討（自由空間モデルの計算過程）

(1/3)

| 項番 | 主な用途 | 主な規格(無線通信方式 および引用資料) | 1.同一波干渉 無人機-既設システム | | | | | | | | | | | |
|----|--|--|--|-------------|-------------|----------------------|-----------------|---------------------|-------------|-------------|-------------------|---------------------|-----------|-----------|
| | | | 無人機 空中線電力 | 送信給電 線損失 | 送信空中 線利得 | ① 与干渉量 (送信ERP) | ② 被干渉許 容値 | ③ 所要結合 損(①-②) | 受信給電 線損失 | 受信空中 線利得 | ④ 調査モデル 結合量 | ⑤ 所要改善 量(③+④) | ⑥ 所要距離 | |
| 1 | 地方自治体 公共業務用無線 一般業務用無線 | 狭帯域デジタル通信方式 (TDMA) | RCR STD-39 | 23.01dBm | 0dB | 3dB | 26.01dBm | -114.4dBm | 140.01dB | 6.21dB | 11.4dB | 4.79dB | 144.8dB | 1037.21km |
| | | | | 23.01dBm | 0dB | 3dB | 26.01dBm | -114.4dBm | 140.01dB | 0dB | 2dB | 2dB | 142.01dB | 752.26km |
| | | | | 23.01dBm | 0dB | 3dB | 26.01dBm | -123.4dBm | 149.01dB | 6.21dB | 11.4dB | 4.79dB | 153.8dB | 2923.25km |
| | | | | 23.01dBm | 0dB | 3dB | 26.01dBm | -123.4dBm | 149.01dB | 0dB | 2dB | 2dB | 151.01dB | 2120.15km |
| | | | | 23.01dBm | 0dB | 3dB | 26.01dBm | -124.3dBm | 150.31dB | 6.21dB | 11.4dB | 4.79dB | 155.1dB | 3395.21km |
| | | | | 23.01dBm | 0dB | 3dB | 26.01dBm | -124.3dBm | 150.31dB | 0dB | 2dB | 2dB | 152.31dB | 2462.44km |
| | | | | 23.01dBm | 0dB | 3dB | 26.01dBm | -124.3dBm | 150.31dB | 0dB | 2dB | 2dB | 152.31dB | 2462.44km |
| | | | | アナログ無線設備 | | | | | | | | | | |
| 2 | アナログ簡易無線 | 小エリア無線通信システム | RCR STD-44 | 23.01dBm | 0dB | 3dB | 26.01dBm | -116.4dBm | 142.01dB | 0dB | 2dB | 2dB | 144.01dB | 947.04km |
| 3 | デジタル簡易無線 | デジタル簡易無線 (π/4シフトQPSK) | ARIB STD-T98 | 23.01dBm | 0dB | 3dB | 26.01dBm | -123.4dBm | 149.01dB | 0dB | 2dB | 2dB | 151.01dB | 2120.15km |
| | | 23.01dBm | | 0dB | 3dB | 26.01dBm | -125.4dBm | 151.01dB | 0dB | 2dB | 2dB | 153.01dB | 2669.11km | |
| | | 23.01dBm | | 0dB | 3dB | 26.01dBm | -124.3dBm | 150.31dB | 0dB | 2dB | 2dB | 152.31dB | 2462.44km | |
| 4 | 地域振興用無線 | 地域振興用無線局の無線設備 | RCR STD-40 | 23.01dBm | 0dB | 3dB | 26.01dBm | -116.4dBm | 142.01dB | 0dB | 2dB | 2dB | 144.01dB | 947.04km |
| 5 | コードレス電話 | コードレス電話の無線局の無線設備 | RCR STD-13 | 23.01dBm | 0dB | 3dB | 26.01dBm | -116.4dBm | 142.01dB | 0dB | 2dB | 2dB | 144.01dB | 947.04km |
| 6 | 移動衛星 | 地球から宇宙 | | | | | | | | | | | | |
| 7 | 標準周波数報時衛星 | (オープンコム低軌道衛星.国際分配) | | | | | | | | | | | | |
| 8 | 気象衛星 | 電波法関係審査基準 宇宙から地球(アルゴシステム) 周波数指定.国際調整結果を遵守 | | | | | | | | | | | | |
| 9 | 体内挿込型医療用 データ伝送用及び体 内挿込型医療用遠隔 計測用特定小電力機 器 | 特定小電力無線局 体内挿込型医 療用データ伝送用[MICS] | TELEC 特定無線 設備の技術基準 特定小電力機器 (12) | 23.01dBm | 0dB | 3dB | 26.01dBm | -77.6dBm | 103.58dB | 0dB | 0dB | 0dB | 103.58dB | 9.01km |
| 10 | | 特定小電力無線局 体内挿込型医 療用遠隔計測用[MTS] | 小電力無線シ ステム委員会報告 H12年12月11日 | 23.01dBm | 0dB | 3dB | 26.01dBm | -77.6dBm | 103.58dB | 0dB | 0dB | 0dB | 103.58dB | 9.01km |
| 11 | ラジオソング | 電波法関係審査基準 (単信または同報) | 小電力無線シ ステム委員会報告 H12年12月11日 | 23.01dBm | 0dB | 3dB | 26.01dBm | -122.4dBm | 147.96dB | 1dB | 11.5dB | 10.15dB | 158.11dB | 4801.38km |
| 12 | 気象用ラジオ・ロボ ット | 電波法関係審査基準 (送信または中継) | | 23.01dBm | 0dB | 3dB | 26.01dBm | -89.4dBm | 115.41dB | 0dB | 0dB | 0dB | 115.41dB | 35.19km |
| 13 | 気象衛星 | (ひまわり) | | | | | | | | | | | | |
| 14 | 衛星非常用位置指示 無線標準(EPIRB) | COSPAS-SARSAT規格 電気通信技術審議会諮問第90号「海 上無線通信設備の技術条件」のうち 「救命用携帯無線機の技術的条件」 | T.001(技術要件) | | | | | | | | | | | |
| 15 | デジタル空港無線 | 空港内デジタル移動通信システム (TDMA π/4シフトQPSK) | ARIB STD-T87 | 23.01dBm | 0dB | 3dB | 26.01dBm | -117.4dBm | 143.01dB | 0dB | 11.4dB | 11.4dB | 154.01dB | 2994.79km |
| | | | | 23.01dBm | 0dB | 3dB | 26.01dBm | -117.4dBm | 143.01dB | 0dB | 2dB | 2dB | 145.01dB | 1062.59km |
| | | | | 23.01dBm | 0dB | 3dB | 26.01dBm | -117.4dBm | 143.01dB | 0dB | 11.4dB | 11.4dB | 154.01dB | 2994.79km |
| 16 | 連絡無線 | 空中線電力1mW以下の陸上移動業 務の無線局(作業連絡用)の無線設備 | RCR STD-31 | 23.01dBm | 0dB | 3dB | 26.01dBm | -116.4dBm | 142.01dB | 0dB | 2dB | 2dB | 144.01dB | 947.04km |
| 17 | データ伝送装置 医療用テレメータ | 特定小電力無線局 医療用テレメ ーター用無線設備 A型(アナログ式) | RCR STD-21 | 23.01dBm | 0dB | 3dB | 26.01dBm | -117.4dBm | 143.01dB | 0dB | 2.14dB | 2.14dB | 145.15dB | 1079.86km |
| | | B型(アナログ式) | | 23.01dBm | 0dB | 3dB | 26.01dBm | -113.4dBm | 139.01dB | 0dB | 2.14dB | 2.14dB | 141.15dB | 681.34km |
| | | C型(アナログ式) | | 23.01dBm | 0dB | 3dB | 26.01dBm | -110.4dBm | 136.01dB | 0dB | 2.14dB | 2.14dB | 138.15dB | 482.35km |
| | | D型(アナログ式) | | 23.01dBm | 0dB | 3dB | 26.01dBm | -107.4dBm | 133.01dB | 0dB | 2.14dB | 2.14dB | 135.15dB | 341.48km |
| | | E型(アナログ式) | | 23.01dBm | 0dB | 3dB | 26.01dBm | -99.4dBm | 125.01dB | 0dB | 2.14dB | 2.14dB | 127.15dB | 135.95km |
| | | A型(デジタル式) | | 23.01dBm | 0dB | 3dB | 26.01dBm | -121.3dBm | 147.31dB | 0dB | 2.14dB | 2.14dB | 149.45dB | 1771.6km |
| | | B型(デジタル式) | | 23.01dBm | 0dB | 3dB | 26.01dBm | -118.3dBm | 144.31dB | 0dB | 2.14dB | 2.14dB | 146.45dB | 1254.2km |
| | | C型(デジタル式) | | 23.01dBm | 0dB | 3dB | 26.01dBm | -115.3dBm | 141.31dB | 0dB | 2.14dB | 2.14dB | 143.45dB | 887.9km |
| | | D型(デジタル式) | | 23.01dBm | 0dB | 3dB | 26.01dBm | -112.3dBm | 138.31dB | 0dB | 2.14dB | 2.14dB | 140.45dB | 628.59km |
| | | E型(デジタル式) | | 23.01dBm | 0dB | 3dB | 26.01dBm | -105.3dBm | 131.31dB | 0dB | 2.14dB | 2.14dB | 133.45dB | 280.78km |
| | | BAN型(デジタル式) | | 23.01dBm | 0dB | 3dB | 26.01dBm | -dBm | 26.01dB | 0dB | 2.14dB | 2.14dB | 28.15dB | 0.1km |
| 18 | テレメータ、テレコン ロール、データ伝送 | 特定小電力無線局 400MHz帯及び 1200MHz帯テレメータ用、テレコン ロール用及びデータ伝送用無線設備 | ARIB STD-T67 | 23.01dBm | 0dB | 3dB | 26.01dBm | -116.4dBm | 142.01dB | 0dB | 2.14dB | 2.14dB | 144.15dB | 962.42km |
| | | | | 23.01dBm | 0dB | 3dB | 26.01dBm | -116.4dBm | 142.01dB | 0dB | 2.14dB | 2.14dB | 144.15dB | 962.42km |
| | | | | 23.01dBm | 0dB | 3dB | 26.01dBm | -116.4dBm | 142.01dB | 0dB | 2.14dB | 2.14dB | 144.15dB | 962.42km |
| 19 | 小電力セキュリティシ ステム無線(防犯・非 常通報) | 小電力セキュリティシステムの無線局 の無線設備 I型 | RCR STD-30 | 23.01dBm | 0dB | 3dB | 26.01dBm | -121.3dBm | 147.31dB | 0dB | 2.14dB | 2.14dB | 149.45dB | 1771.6km |
| | | II型 | | 23.01dBm | 0dB | 3dB | 26.01dBm | -121.3dBm | 147.31dB | 0dB | 2.14dB | 2.14dB | 149.45dB | 1771.6km |
| | | III型 | | 23.01dBm | 0dB | 3dB | 26.01dBm | -121.3dBm | 147.31dB | 0dB | 2.14dB | 2.14dB | 149.45dB | 1771.6km |
| | | IV型 | | 23.01dBm | 0dB | 3dB | 26.01dBm | -121.3dBm | 147.31dB | 0dB | 2.14dB | 2.14dB | 149.45dB | 1771.6km |
| 20 | 無線電話 (特定小電力カトラン シーバー) | 特定小電力無線局 無線電話用無 線設備 | RCR STD-20 | 23.01dBm | 0dB | 3dB | 26.01dBm | -116.4dBm | 142.01dB | 0dB | 2.14dB | 2.14dB | 144.15dB | 962.42km |
| 21 | 無線呼出(ボケベル) | 特定小電力無線局 無線呼出用無 線設備 | RCR STD-19 | 23.01dBm | 0dB | 3dB | 26.01dBm | -100.4dBm | 126.41dB | 0dB | 2.14dB | 2.14dB | 128.55dB | 159.72km |
| 22 | アマチュア | 電波法関係審査基準 | | | | | | | | | | | | |
| 23 | 国際輸送用データ伝 送用アタックシステム | 特定小電力無線局 433MHz帯国際 輸送用データ伝送用設備 | ARIB STD-T92 | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| 24 | アナログ簡易無線 | 400MHz帯簡易無線局の無線設備 | RCR STD-10 | 23.01dBm | 0dB | 3dB | 26.01dBm | -116.4dBm | 142.01dB | 0dB | 2.14dB | 2.14dB | 144.15dB | 962.42km |

| 項番 | 主な用途 | 主な規格(無線通信方式 および引用資料) | 2隣接波干渉 無人機一既設システム | | | | | | | | | | | | | |
|---|--|--|--|-----------------|-----------------|-------------------------|-----------------|-----------------------|-----------------|-------------------------|-----------------|-----------------|--------------------------------|-------------------------|-----------------|--------|
| | | | 無人機 空中線電 力 | 送信 給電線 損失 | 送信 空中線 利得 | 隣接チャ ネル漏 洩抑圧 率 | 干渉量 帯域換 算 | ① 与干渉量 (送信EIRP) | ② 被干渉許 容値 | ③ 所要結合 損 (①-②) | 送信 給電線 損失 | 送信 空中線 利得 | ④ 調査モデ ル 結合量 (③+④) | ⑤ 所要改善 量 (③+⑤) | ⑥ 所要離隔 距離 | |
| 1 2 3 4 5 6 7 8 | 地方自治体 公共業務用無線 一般業務用無線 | 狭帯域デジタル通信方式 (TDMA) | RCR STD-39 | 23.01dBm | 0dB | 3dB | -60dB | 4.83dB | -29.16dBm | -114dBm | 84.84dB | 6.21dB | 11dB | 4.79dB | 89.63dB | 1.81km |
| | | 狭帯域デジタル通信方式 (SCPC/FDMA) | ARIB STD-T61 | 23.01dBm | 0dB | 3dB | -60dB | 4.83dB | -29.16dBm | -114dBm | 84.84dB | 0dB | 2dB | 2dB | 86.84dB | 1.31km |
| | | 狭帯域デジタル通信方式 (SCPC/FDMA) | ARIB STD-T61 | 23.01dBm | 0dB | 3dB | -60dB | -1.4dB | -35.39dBm | -123dBm | 87.61dB | 6.21dB | 11dB | 4.79dB | 92.4dB | 2.49km |
| | | 狭帯域デジタル通信方式 (SCPC/FDMA) | ARIB STD-T61 | 23.01dBm | 0dB | 3dB | -60dB | -1.4dB | -35.39dBm | -123dBm | 87.61dB | 0dB | 2dB | 2dB | 89.61dB | 1.81km |
| | | 狭帯域デジタル通信方式 (SCPC/4種FSK) | ARIB STD-T102 | 23.01dBm | 0dB | 3dB | -60dB | -1.4dB | -35.39dBm | -124.3dBm | 88.91dB | 6.21dB | 11dB | 4.79dB | 93.7dB | 2.89km |
| | | 狭帯域デジタル通信方式 (SCPC/4種FSK) | ARIB STD-T102 | 23.01dBm | 0dB | 3dB | -60dB | -1.4dB | -35.39dBm | -124.3dBm | 88.91dB | 0dB | 2dB | 2dB | 90.91dB | 2.1km |
| | | 狭帯域デジタル通信方式 (SCPC/4種FSK) | ARIB STD-T102 | 23.01dBm | 0dB | 3dB | -60dB | -1.4dB | -35.39dBm | -124.3dBm | 88.91dB | 0dB | 2dB | 2dB | 90.91dB | 2.1km |
| | | アナログ無線設備 | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | アナログ簡易無線 | 小エリア無線通信システム | RCR STD-44 | 23.01dBm | 0dB | 3dB | -60dB | 0.26dB | -33.73dBm | -116dBm | 82.27dB | 0dB | 2dB | 2dB | 84.27dB | 0.98km |
| 3 2 3 | デジタル簡易無線 | デジタル簡易無線 (π/4シフトQPSK) | ARIB STD-T98 | 23.01dBm | 0dB | 3dB | -60dB | -1.4dB | -35.39dBm | -123dBm | 87.61dB | 0dB | 2dB | 2dB | 89.61dB | 1.81km |
| | | デジタル簡易無線 (RZ SSB) | | 23.01dBm | 0dB | 3dB | -60dB | -1.4dB | -35.39dBm | -125dBm | 89.61dB | 0dB | 2dB | 2dB | 91.61dB | 2.27km |
| | | デジタル簡易無線 (4種FSK) | | 23.01dBm | 0dB | 3dB | -60dB | -1.4dB | -35.39dBm | -124.3dBm | 88.91dB | 0dB | 2dB | 2dB | 90.91dB | 2.1km |
| 4 | 地域振興用無線 | 地域振興用無線局の無線設備 | RCR STD-40 | 23.01dBm | 0dB | 3dB | -60dB | 0.26dB | -33.73dBm | -116dBm | 82.27dB | 0dB | 2dB | 2dB | 84.27dB | 0.98km |
| 5 | コードレス電話 | コードレス電話の無線局の無線設備 | RCR STD-13 | 23.01dBm | 0dB | 3dB | -60dB | 0.26dB | -33.73dBm | -116dBm | 82.27dB | 0dB | 2dB | 2dB | 84.27dB | 0.98km |
| 6 | 移動衛星 | 地球から宇宙 | | | | | | | | | | | | | | |
| | 標準周波数観測衛星 | (オーブコム低軌道衛星国際分配) | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | 気象衛星 | 電波法関係審査基準 宇宙から地球(アルゴシステム) 周波数指定・国際調整結果を遵守 | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | 体内挿込型医療用 データ伝送用及びび 体内挿込型医療用送 計測用特定小電力機 器 | 特定小電力無線局 体内挿込型医 療用データ伝送用【MICS】 | TELEC 特定無線 設備の技術基準 特定小電力機器 (12) | 23.01dBm | 0dB | 3dB | -60dB | 15.74dB | -18.25dBm | -77.6dBm | 59.32dB | 0dB | 0dB | 0dB | 59.32dB | 0.06km |
| 9 | 体内挿込型医療用送 計測用特定小電力機 器 | 特定小電力無線局 体内挿込型医 療用データ伝送用【MEDS】 | 小電力無線シ ステム委員会報 告 H12年12月11日 | 23.01dBm | 0dB | 3dB | -60dB | 15.74dB | -18.25dBm | -77.6dBm | 59.32dB | 0dB | 0dB | 0dB | 59.32dB | 0.06km |
| 10 | 体内挿込型医療用送 計測用特定小電力機 器 | 特定小電力無線局 体内挿込型医 療用送計測用【MITS】 | 小電力無線シ ステム委員会報 告 H12年12月11日 | 23.01dBm | 0dB | 3dB | -60dB | 15.74dB | -18.25dBm | -77.6dBm | 59.32dB | 0dB | 0dB | 0dB | 59.32dB | 0.06km |
| 11 | ラジオゾンデ | 電波法関係審査基準 (単信または中継) | 小電力無線シ ステム委員会報 告 H12年12月11日 | 23.01dBm | 0dB | 3dB | -60dB | 8.75dB | -25.24dBm | -122dBm | 96.71dB | 1dB | 11.15dB | 106.86dB | 13.15km | |
| 12 | 気象用ラジオ・ロボッ ト | 電波法関係審査基準 (送信または中継) | | 23.01dBm | 0dB | 3dB | -60dB | | -33.99dBm | -89.4dBm | 55.41dB | 0dB | 0dB | 0dB | 55.41dB | 0.04km |
| 13 | 気象衛星 | (ひまわり) | | | | | | | | | | | | | | |
| 14 | 衛星非常用位置指示 無線標準(EPIRB) | COSPAS-SARSAT規格 電気通信技術審議会諮問第50号「海 上無線送信設備の技術条件」のうち 「救命用携帯無線機の技術的要件」 | T.001(技術要件) | | | | | | | | | | | | | |
| 1 2 3 | デジタル空港無線 | 空港内デジタル移動通信システム (TDMA/π/4シフトQPSK) | ARIB STD-T67 | 23.01dBm | 0dB | 3dB | -60dB | 4.83dB | -29.16dBm | -117dBm | 87.84dB | 0dB | 11dB | 11dB | 98.84dB | 5.22km |
| | | 空港内デジタル移動通信システム (TDMA/π/4シフトQPSK) | ARIB STD-T67 | 23.01dBm | 0dB | 3dB | -60dB | 4.83dB | -29.16dBm | -117dBm | 87.84dB | 0dB | 2dB | 2dB | 89.84dB | 1.85km |
| | | 空港内デジタル移動通信システム TYPE2(TDMA/π/4シフトQPSK) | ARIB STD-T114 | 23.01dBm | 0dB | 3dB | -60dB | 4.83dB | -29.16dBm | -117dBm | 87.84dB | 0dB | 11dB | 11dB | 98.84dB | 5.22km |
| 4 | デジタル | 空港内デジタル移動通信システム TYPE2(TDMA/π/4シフトQPSK) | ARIB STD-T114 | 23.01dBm | 0dB | 3dB | -60dB | 4.83dB | -29.16dBm | -117dBm | 87.84dB | 0dB | 2dB | 2dB | 89.84dB | 1.85km |
| 16 | 連絡無線 | 空中線電力1mW以下の陸上移動業 務の無線局(作業連絡用)の無線設備 | RCR STD-31 | 23.01dBm | 0dB | 3dB | -60dB | 0.26dB | -33.73dBm | -116dBm | 82.27dB | 0dB | 2dB | 2dB | 84.27dB | 0.98km |
| 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 | データ伝送装置 医療用テレメータ | 特定小電力無線局 医療用テレメ ータ用無線設備 A型(アナログ式) | RCR STD-21 | 23.01dBm | 0dB | 3dB | -60dB | 0.26dB | -33.73dBm | -117dBm | 83.27dB | 0dB | 2.14dB | 2.14dB | 85.41dB | 1.11km |
| | | B型(アナログ式) | | 23.01dBm | 0dB | 3dB | -60dB | 3.01dB | -30.98dBm | -113dBm | 82.02dB | 0dB | 2.14dB | 2.14dB | 84.16dB | 0.96km |
| | | C型(アナログ式) | | 23.01dBm | 0dB | 3dB | -60dB | 6.02dB | -27.97dBm | -110dBm | 82.03dB | 0dB | 2.14dB | 2.14dB | 84.17dB | 0.96km |
| | | D型(アナログ式) | | 23.01dBm | 0dB | 3dB | -60dB | 9.03dB | -24.96dBm | -107dBm | 82.04dB | 0dB | 2.14dB | 2.14dB | 84.18dB | 0.97km |
| | | E型(アナログ式) | | 23.01dBm | 0dB | 3dB | -60dB | 16.02dB | -17.97dBm | -99dBm | 81.03dB | 0dB | 2.14dB | 2.14dB | 83.17dB | 0.86km |
| | | A型(デジタル式) | | 23.01dBm | 0dB | 3dB | -60dB | 0.26dB | -33.73dBm | -121.3dBm | 87.57dB | 0dB | 2.14dB | 2.14dB | 89.71dB | 1.83km |
| | | B型(デジタル式) | | 23.01dBm | 0dB | 3dB | -60dB | 3.01dB | -30.98dBm | -118.3dBm | 87.32dB | 0dB | 2.14dB | 2.14dB | 89.46dB | 1.77km |
| | | C型(デジタル式) | | 23.01dBm | 0dB | 3dB | -60dB | 6.02dB | -27.97dBm | -115.3dBm | 87.33dB | 0dB | 2.14dB | 2.14dB | 89.47dB | 1.78km |
| | | D型(デジタル式) | | 23.01dBm | 0dB | 3dB | -60dB | 9.03dB | -24.96dBm | -112.3dBm | 87.34dB | 0dB | 2.14dB | 2.14dB | 89.48dB | 1.78km |
| | | E型(デジタル式) | | 23.01dBm | 0dB | 3dB | -60dB | 16.02dB | -17.97dBm | -105.3dBm | 87.33dB | 0dB | 2.14dB | 2.14dB | 89.47dB | 1.78km |
| | | BAN型(デジタル式) | | 23.01dBm | 0dB | 3dB | -60dB | 14.59dB | -19.4dBm | -119.4dBm | 87.33dB | 0dB | 2.14dB | 2.14dB | -17.26dB | 0km |
| 1 2 3 | テレメータ、テレコン トロール、データ伝送 | 特定小電力無線局 400MHz帯及び 1200MHz帯テレメータ用、テレコン トロール用及びデータ伝送用無線設備 | ARIB STD-T67 | 23.01dBm | 0dB | 3dB | -60dB | 0.26dB | -33.73dBm | -116dBm | 82.27dB | 0dB | 2.14dB | 2.14dB | 84.41dB | 0.99km |
| | | 特定小電力無線局 400MHz帯及び 1200MHz帯テレメータ用、テレコン トロール用及びデータ伝送用無線設備 | ARIB STD-T67 | 23.01dBm | 0dB | 3dB | -60dB | 3.01dB | -30.98dBm | -116dBm | 85.02dB | 0dB | 2.14dB | 2.14dB | 87.16dB | 1.36km |
| | | 特定小電力無線局 400MHz帯及び 1200MHz帯テレメータ用、テレコン トロール用及びデータ伝送用無線設備 | ARIB STD-T67 | 23.01dBm | 0dB | 3dB | -60dB | 0.26dB | -33.73dBm | -116dBm | 82.27dB | 0dB | 2.14dB | 2.14dB | 84.41dB | 0.99km |
| 1 2 3 4 | 小電力セキュリティシ ステム無線(防犯・非 常通報) | 小電力セキュリティシ ステム無線局 I型 | RCR STD-30 | 23.01dBm | 0dB | 3dB | -60dB | -3.01dB | -37dBm | -121.3dBm | 84.3dB | 0dB | 2.14dB | 2.14dB | 86.44dB | 1.25km |
| | | II型 | | 23.01dBm | 0dB | 3dB | -60dB | 0.26dB | -33.73dBm | -121.3dBm | 87.57dB | 0dB | 2.14dB | 2.14dB | 89.71dB | 1.83km |
| | | III型 | | 23.01dBm | 0dB | 3dB | -60dB | 1.76dB | -32.23dBm | -121.3dBm | 89.07dB | 0dB | 2.14dB | 2.14dB | 91.21dB | 2.17km |
| | | IV型 | | 23.01dBm | 0dB | 3dB | -60dB | 3.01dB | -30.98dBm | -121.3dBm | 90.32dB | 0dB | 2.14dB | 2.14dB | 92.46dB | 2.51km |
| 20 | 無線電話 (特定小電力トラン シーバ) | 特定小電力無線局 無線電話用無 線設備 | RCR STD-20 | 23.01dBm | 0dB | 3dB | -60dB | 0.26dB | -33.73dBm | -116dBm | 82.27dB | 0dB | 2.14dB | 2.14dB | 84.41dB | 0.99km |
| 21 | 無線呼出(ボケベル) | 特定小電力無線局 無線呼出用無 線設備 | RCR STD-19 | 23.01dBm | 0dB | 3dB | -60dB | 0.26dB | -33.73dBm | -100.4dBm | 66.67dB | 0dB | 2.14dB | 2.14dB | 68.81dB | 0.16km |
| 22 | アマチュア | 電波法関係審査基準 | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 2 | 国際輸送用データ伝 送用7行/1200システム | 特定小電力無線局 433MHz帯国際 輸送用データ伝送用設備 | ARIB STD-T92 | | | | | | | | | | | | | |
| 24 | アナログ簡易無線 | 400MHz帯簡易無線局の無線設備 | RCR STD-10 | 23.01dBm | 0dB | 3dB | -60dB | 0.26dB | -33.73dBm | -116dBm | 82.27dB | 0dB | 2.14dB | 2.14dB | 84.41dB | 0.98km |

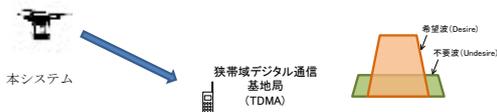
| 項番 | 主な用途 | 主な規格(無線通信方式および引用資料) | 3帯域外干渉 無人機→既設システム | | | | | | | | | | | | | |
|----|--|---|----------------------------------|-----------------|-----------------|---------------------|-----------------------|-----------------|-------------------------|-----------------|-----------------|-------------------|-------------------------|----------------|---------|--------|
| | | | 無人機 空中線電力 | 送信 給電線 損失 | 送信 空中線 利得 | 隣接チャ ネル漏洩抑 圧量 | ① 与干渉量 (送信EIRP) | ② 被干渉許 容値 | ③ 所要結合 損 (1-2) | 送信 給電線 損失 | 送信 空中線 利得 | ④ 調査モデル 結合量 | ⑤ 所要改善 量 (3+4) | ⑥ 所要距離 離 | | |
| 1 | 地方自治体 公共業務用無線 一般業務用無線 | 狭帯域デジタル通信方式 (TDMA) | RCR STD-39 | 23.01dBm | 0dB | 3dB | 0dB | 26.01dBm | -48dBm | 74.01dB | 6.21dB | 11dB | 4.79dB | 78.8dB | 0.52km | |
| 2 | | 狭帯域デジタル通信方式 (SCPC/FDMA) | ARIB STD-T61 | 23.01dBm | 0dB | 3dB | 0dB | 26.01dBm | -48dBm | 74.01dB | 0dB | 2dB | 2dB | 76.01dB | 0.38km | |
| 3 | | | | 23.01dBm | 0dB | 3dB | 0dB | 26.01dBm | -57dBm | 83.01dB | 6.21dB | 11dB | 4.79dB | 87.8dB | 1.47km | |
| 4 | | | | 23.01dBm | 0dB | 3dB | 0dB | 26.01dBm | -57dBm | 83.01dB | 0dB | 2dB | 2dB | 85.01dB | 1.06km | |
| 5 | | | | 23.01dBm | 0dB | 3dB | 0dB | 26.01dBm | -57dBm | 83.01dB | 6.21dB | 11dB | 4.79dB | 87.8dB | 1.47km | |
| 6 | | 狭帯域デジタル通信方式 (SCPC/4値FSK) | ARIB STD-T102 | 23.01dBm | 0dB | 3dB | 0dB | 26.01dBm | -57dBm | 83.01dB | 0dB | 2dB | 2dB | 85.01dB | 1.06km | |
| 7 | | | | 23.01dBm | 0dB | 3dB | 0dB | 26.01dBm | -57dBm | 83.01dB | 0dB | 2dB | 2dB | 85.01dB | 1.06km | |
| 8 | | アナログ無線設備 | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | アナログ簡易無線 | 小エリア無線通信システム | RCR STD-44 | 23.01dBm | 0dB | 3dB | 0dB | 26.01dBm | -51dBm | 77.01dB | 0dB | 2dB | 2dB | 79.01dB | 0.53km | |
| 1 | デジタル簡易無線 | デジタル簡易無線 (π/4シフトQPSK) | ARIB STD-T98 | 23.01dBm | 0dB | 3dB | 0dB | 26.01dBm | -57dBm | 83.01dB | 0dB | 2dB | 2dB | 85.01dB | 1.06km | |
| 2 | | デジタル簡易無線 (RZ SSB) | | 23.01dBm | 0dB | 3dB | 0dB | 26.01dBm | -57dBm | 83.01dB | 0dB | 2dB | 2dB | 85.01dB | 1.06km | |
| 3 | | デジタル簡易無線 (4値FSK) | | 23.01dBm | 0dB | 3dB | 0dB | 26.01dBm | -57dBm | 83.01dB | 0dB | 2dB | 2dB | 85.01dB | 1.06km | |
| 4 | 地域振興用無線 | 地域振興用無線局の無線設備 | RCR STD-40 | 23.01dBm | 0dB | 3dB | 0dB | 26.01dBm | -44dBm | 70.01dB | 0dB | 2dB | 2dB | 72.01dB | 0.24km | |
| 5 | コードレス電話 | コードレス電話の無線局の無線設備 | RCR STD-13 | 23.01dBm | 0dB | 3dB | 0dB | 26.01dBm | -54dBm | 80.01dB | 0dB | 2dB | 2dB | 82.01dB | 0.75km | |
| 6 | 移動衛星 | 地球から宇宙 | | | | | | | | | | | | | | |
| | 標準周波数報時衛星 | (オープン軌道衛星国際分配) | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | 気象衛星 | 電波法関係審査基準 宇宙から地球(アルゴシステム) 周波数指定・国際調整結果を遵守 | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | 体内挿込型医療用 データ伝送用及び体内 挿込型医療用遠隔 計測用特定小電力機 器 | 特定小電力無線局 体内挿込型医 療用データ伝送用【MICS】 | TELEC 特定無線 設備の技術基準 | 23.01dBm | 0dB | 3dB | 0dB | 26.01dBm | .dBm | 26.01dB | 0dB | 0dB | 0dB | 26.01dB | 0.1km | |
| 9 | 体内挿込型医療用遠隔 計測用特定小電力機 器 | 特定小電力無線局 体内挿込型医 療用データ伝送用【MEDS】 | 特定小電力機器 (12) | 23.01dBm | 0dB | 3dB | 0dB | 26.01dBm | .dBm | 26.01dB | 0dB | 0dB | 0dB | 26.01dB | 0.1km | |
| 10 | | 特定小電力無線局 体内挿込型医 療用遠隔計測用【MTS】 | 小電力無線シ ステム委員会報告 H12年12月11日 | | | | | | | | | | | | | |
| 11 | ラジオゾンデ | 電波法関係審査基準 (単信または中継) | 小電力無線シ ステム委員会報告 H12年12月11日 | 23.01dBm | 0dB | 3dB | 0dB | 26.01dBm | .dBm | 26.01dB | 1dB | 11.15dB | 10.15dB | 36.16dB | 0.1km | |
| 12 | 気象用ラジオ・ロボッ ト | 電波法関係審査基準 (送信または中継) | | 23.01dBm | 0dB | 3dB | 0dB | 26.01dBm | .dBm | 26.01dB | 0dB | 0dB | 0dB | 26.01dB | 0.1km | |
| 13 | 気象衛星 | (ひまわり) | | | | | | | | | | | | | | |
| 14 | 衛星非常用位置指示 無線標識(EPIRB) | COSPAS-SARSAT規格 電波法関係審査基準第50号「海 上無線通信設備の技術条件」のうち 「救命用携帯無線機の技術条件」 | T.001(技術要件) | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | デジタル空港無線 | 空港内デジタル移動通信システム (TDMA/π/4シフトQPSK) | ARIB STD-T87 | 23.01dBm | 0dB | 3dB | 0dB | 26.01dBm | -51dBm | 77.01dB | 0dB | 11dB | 11dB | 88.01dB | 1.5km | |
| 2 | | 空港内デジタル移動通信システム TYPE2(TDMA/π/4シフトQPSK) | ARIB STD-T114 | 23.01dBm | 0dB | 3dB | 0dB | 26.01dBm | -51dBm | 77.01dB | 0dB | 11dB | 11dB | 88.01dB | 1.5km | |
| 3 | | | | 23.01dBm | 0dB | 3dB | 0dB | 26.01dBm | -51dBm | 77.01dB | 0dB | 2dB | 2dB | 79.01dB | 0.53km | |
| 4 | | 23.01dBm | 0dB | 3dB | 0dB | 26.01dBm | -51dBm | 77.01dB | 0dB | 2dB | 2dB | 79.01dB | 0.53km | | | |
| 16 | 連絡無線 | 空中線電力1mW以下の陸上移動業 務の無線局(作業連絡用の無線設備) | RCR STD-31 | 23.01dBm | 0dB | 3dB | 0dB | 26.01dBm | -64dBm | 90.01dB | 0dB | 2dB | 2dB | 92.01dB | 2.38km | |
| 1 | データ伝送装置 医療用テレメータ | 特定小電力無線局 医療用テレメ ータ用無線設備 A型(アナログ式) | RCR STD-21 | 23.01dBm | 0dB | 3dB | 0dB | 26.01dBm | -45dBm | 71.01dB | 0dB | 2.14dB | 2.14dB | 73.15dB | 0.27km | |
| 2 | | B型(アナログ式) | | 23.01dBm | 0dB | 3dB | 0dB | 26.01dBm | -41dBm | 67.01dB | 0dB | 2.14dB | 2.14dB | 69.15dB | 0.17km | |
| 3 | | C型(アナログ式) | | 23.01dBm | 0dB | 3dB | 0dB | 26.01dBm | -38dBm | 64.01dB | 0dB | 2.14dB | 2.14dB | 66.15dB | 0.12km | |
| 4 | | D型(アナログ式) | | 23.01dBm | 0dB | 3dB | 0dB | 26.01dBm | -35dBm | 61.01dB | 0dB | 2.14dB | 2.14dB | 63.15dB | 0.09km | |
| 5 | | E型(アナログ式) | | 23.01dBm | 0dB | 3dB | 0dB | 26.01dBm | -27dBm | 53.01dB | 0dB | 2.14dB | 2.14dB | 55.15dB | 0.03km | |
| 6 | | A型(デジタル式) | | 23.01dBm | 0dB | 3dB | 0dB | 26.01dBm | -57dBm | 83.01dB | 0dB | 2.14dB | 2.14dB | 85.15dB | 1.08km | |
| 7 | | B型(デジタル式) | | 23.01dBm | 0dB | 3dB | 0dB | 26.01dBm | -56.8dBm | 82.76dB | 0dB | 2.14dB | 2.14dB | 84.9dB | 1.05km | |
| 8 | | C型(デジタル式) | | 23.01dBm | 0dB | 3dB | 0dB | 26.01dBm | -56.8dBm | 82.76dB | 0dB | 2.14dB | 2.14dB | 84.9dB | 1.05km | |
| 9 | | D型(デジタル式) | | 23.01dBm | 0dB | 3dB | 0dB | 26.01dBm | -48dBm | 74.01dB | 0dB | 2.14dB | 2.14dB | 76.15dB | 0.38km | |
| 10 | | E型(デジタル式) | | 23.01dBm | 0dB | 3dB | 0dB | 26.01dBm | -41dBm | 67.01dB | 0dB | 2.14dB | 2.14dB | 69.15dB | 0.17km | |
| 11 | | BAN型(デジタル式) | | 23.01dBm | 0dB | 3dB | 0dB | 26.01dBm | .dBm | 26.01dB | 0dB | 2.14dB | 2.14dB | 28.15dB | 0.1km | |
| 1 | テレメータ、テレコン ロール、データ伝送 | 特定小電力無線局 400MHz帯及び 1200MHz帯テレメータ用、テレコン ロール用及びデータ伝送用無線設備 | ARIB STD-T67 | 23.01dBm | 0dB | 3dB | 0dB | 26.01dBm | -64dBm | 90.01dB | 0dB | 2.14dB | 2.14dB | 92.15dB | 2.42km | |
| 2 | 小電力セキュリティシ ステム無線(防犯・非 常通報) | 小電力セキュリティシ ステム無線の無線局 の無線設備 I型 | RCR STD-30 | 23.01dBm | 0dB | 3dB | 0dB | 26.01dBm | -67dBm | 93.01dB | 0dB | 2.14dB | 2.14dB | 95.15dB | 3.41km | |
| 3 | | | | II型 | 23.01dBm | 0dB | 3dB | 0dB | 26.01dBm | -67dBm | 93.01dB | 0dB | 2.14dB | 2.14dB | 95.15dB | 3.41km |
| 4 | | | | III型 | 23.01dBm | 0dB | 3dB | 0dB | 26.01dBm | -67dBm | 93.01dB | 0dB | 2.14dB | 2.14dB | 95.15dB | 3.41km |
| 20 | 無線電話 (特定小電力トラン シーバー) | 特定小電力無線局 無線電話用無 線設備 | RCR STD-20 | 23.01dBm | 0dB | 3dB | 0dB | 26.01dBm | -64dBm | 90.01dB | 0dB | 2.14dB | 2.14dB | 92.15dB | 2.42km | |
| 21 | 無線呼出(ボケベル) | 特定小電力無線局 無線呼出用無 線設備 | RCR STD-19 | 23.01dBm | 0dB | 3dB | 0dB | 26.01dBm | -64dBm | 90.01dB | 0dB | 2.14dB | 2.14dB | 92.15dB | 2.42km | |
| 22 | アマチュア | 電波法関係審査基準 | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 国際輸送用データ伝 送用アヴィオタシステム | 特定小電力無線局 433MHz帯国際 輸送用データ伝送用設備 | ARIB STD-T92 | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 24 | アナログ簡易無線 | 400MHz帯簡易無線局の無線設備 | RCR STD-10 | 23.01dBm | 0dB | 3dB | 0dB | 26.01dBm | -44dBm | 70.01dB | 0dB | 2.14dB | 2.14dB | 72.15dB | 0.24km | |

資料 7 共用検討（奥村－秦モデルの計算過程）

1-1 狭帯域デジタル通信 TDMA 基地局

無人機－狭帯域デジタル通信装置への与干渉

【同一波干渉】



無人機－狭帯域デジタル通信装置への与干渉

【隣接波干渉】



| No. | 項目 | 内容 |
|---|-------------|--|
| | 周波数 | 400MHz |
| | 無人機 送信仕様 | |
| | 送信空中線電力 | 0.2W |
| | 隣接チャネル漏洩抑圧量 | -7.0dBW |
| | 送信給電線損失 | 0.0dB |
| | 送信空中線利得 | 3.0dB |
| | 送信EIRP | -3.99dBW |
| ① | 与干渉量 | 26.01dBm |
| ② | 被干渉許容値 | -114.0dBm |
| ③ | 所要結合損 ①-② | 140.01dB |
| | 受信局仕様 | |
| | 受信給電線損失 | 6.21dB |
| | 受信空中線利得 | 11.0dB |
| ④ | 調査モデル結合量 | 4.79dB |
| ⑤ | 所要改善量 ③+④ | 144.8dB |
| ⑥ | 所要離隔距離 | |
| | 自由空間 | 1,037.21km |
| 奥村－秦モデル 近似式の条件: 通信距離: 1km~20km, 無人機高度: 30m~200m, 受信局高度: 1m~10m | | |
| | 無人機高度 | 受信局高度 【開放地】 【郊外】 【中小都市】 【大都市】 <400MHz> 【大都市】 >400MHz |
| 150m | 10m | 447.09km 119.69km 65.28km 36.41km 31.69km |
| | 9m | 380.05km 101.74km 55.49km 34.07km 30.29km |
| | 8m | 323.06km 86.48km 47.17km 31.73km 28.84km |
| | 7m | 274.62km 73.52km 40.10km 29.39km 27.31km |
| | 6m | 233.44km 62.49km 34.09km 27.04km 25.71km |
| | 5m | 198.44km 53.12km 28.98km 24.68km 24.00km |
| | 4m | 168.68km 45.16km 24.63km 22.30km 22.15km |
| | 3m | 143.39km 38.39km 20.94km 19.92km 20.11km |
| | 2m | 121.89km 32.63km 17.80km 17.55km 17.77km |
| | 1m | 103.61km 27.74km 15.13km 15.46km 14.89km |

| No. | 項目 | 内容 |
|---|-------------|--|
| | 周波数 | 400MHz |
| | 無人機 送信仕様 | |
| | 送信空中線電力 | 0.2W |
| | 隣接チャネル漏洩抑圧量 | -60.0dB 受信帯域幅= 24.3kHz 帯域換算値= 4.83dB |
| | 送信給電線損失 | 0.0dB |
| | 送信空中線利得 | 3.0dB |
| | 送信EIRP | -59.16dBW |
| ① | 与干渉量 | -29.16dBm |
| ② | 被干渉許容値 | -114.0dBm |
| ③ | 所要結合損 ①-② | 84.84dB |
| | 受信局仕様 | |
| | 受信給電線損失 | 6.21dB |
| | 受信空中線利得 | 11.0dB |
| ④ | 調査モデル結合量 | 4.79dB |
| ⑤ | 所要改善量 ③+④ | 89.63dB |
| ⑥ | 所要離隔距離 | |
| | 自由空間 | 1.81km |
| 奥村－秦モデル 近似式の条件: 通信距離: 1km~20km, 無人機高度: 30m~200m, 受信局高度: 1m~10m | | |
| | 無人機高度 | 受信局高度 【開放地】 【郊外】 【中小都市】 【大都市】 <400MHz> 【大都市】 >400MHz |
| 150m | 10m | 7.08km 1.90km 1.03km 0.58km 0.50km |
| | 9m | 6.02km 1.61km 0.88km 0.54km 0.48km |
| | 8m | 5.12km 1.37km 0.75km 0.50km 0.46km |
| | 7m | 4.35km 1.16km 0.64km 0.47km 0.43km |
| | 6m | 3.70km 0.99km 0.54km 0.43km 0.41km |
| | 5m | 3.14km 0.84km 0.46km 0.39km 0.38km |
| | 4m | 2.67km 0.72km 0.39km 0.35km 0.35km |
| | 3m | 2.27km 0.61km 0.33km 0.32km 0.32km |
| | 2m | 1.93km 0.52km 0.28km 0.28km 0.28km |
| | 1m | 1.64km 0.44km 0.24km 0.24km 0.24km |

無人機－狭帯域デジタル通信装置への与干渉

【帯域外干渉】

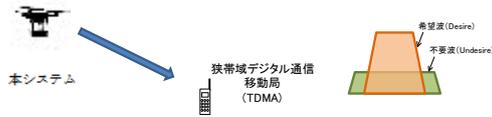


| No. | 項目 | 内容 |
|---|-------------|--|
| | 周波数 | 400MHz |
| | 無人機 送信仕様 | |
| | 送信空中線電力 | 0.2W |
| | 隣接チャネル漏洩抑圧量 | -7.0dBW |
| | 送信給電線損失 | 0.0dB |
| | 送信空中線利得 | 3.0dB |
| | 送信EIRP | -3.99dBW |
| ① | 与干渉量 | 26.01dBm |
| ② | 被干渉許容値 | -48.0dBm |
| ③ | 所要結合損 ①-② | 74.01dB |
| | 受信局仕様 | |
| | 受信給電線損失 | 6.21dB |
| | 受信空中線利得 | 11.0dB |
| ④ | 調査モデル結合量 | 4.79dB |
| ⑤ | 所要改善量 ③+④ | 78.8dB |
| ⑥ | 所要離隔距離 | |
| | 自由空間 | 0.52km |
| 奥村－秦モデル 近似式の条件: 通信距離: 1km~20km, 無人機高度: 30m~200m, 受信局高度: 1m~10m | | |
| | 無人機高度 | 受信局高度 【開放地】 【郊外】 【中小都市】 【大都市】 <400MHz> 【大都市】 >400MHz |
| 150m | 10m | 3.14km 0.84km 0.46km 0.26km 0.22km |
| | 9m | 2.67km 0.71km 0.39km 0.24km 0.21km |
| | 8m | 2.27km 0.61km 0.33km 0.22km 0.20km |
| | 7m | 1.93km 0.52km 0.28km 0.21km 0.19km |
| | 6m | 1.64km 0.44km 0.24km 0.19km 0.18km |
| | 5m | 1.39km 0.37km 0.20km 0.17km 0.17km |
| | 4m | 1.18km 0.32km 0.17km 0.16km 0.16km |
| | 3m | 1.01km 0.27km 0.15km 0.14km 0.14km |
| | 2m | 0.86km 0.23km 0.12km 0.12km 0.12km |
| | 1m | 0.73km 0.19km 0.11km 0.11km 0.10km |

1-2 狭帯域デジタル通信 TDMA 移動局

無人機→狭帯域デジタル通信装置への与干渉

【同一波干渉】



無人機→狭帯域デジタル通信装置への与干渉

【隣接波干渉】



| No. | 項目 | 内容 |
|------|---|--|
| | 周波数 | 400MHz |
| | 無人機 送信仕様 | |
| | 送信空中線電力 | 0.2W |
| | 隣接チャネル漏洩抑圧量 | -7.0dBW |
| | 送信給電線損失 | 0.0dB |
| | 送信空中線利得 | 3dB |
| | 送信EIRP | -3.99dBW |
| ① | 与干渉量 | 26.01dBm |
| ② | 被干渉許容値 | -114.4dBm |
| ③ | 所要結合損 ①-② | 140.01dB |
| | 受信局仕様 | |
| | 受信給電線損失 | 0.0dB |
| | 受信空中線利得 | 2.0dB |
| ④ | 調査モデル結合量 | 2dB |
| ⑤ | 所要改善量 ③+④ | 142.01dB |
| ⑥ | 所要離隔距離 | |
| | 自由空間 | 752.26km |
| | 奥村一帯モデル 近似式の条件: 通信距離: 1km~20km, 無人機高度: 30m~200m, 受信局高度: 1m~10m | |
| | 無人機高度 | 受信局高度 【開放地】 【郊外】 【中小都市】 【大都市】 <400MHz> 【大都市】 >400MHz |
| 150m | 10m | 362.54km 97.05km 52.94km 29.52km 25.69km |
| | 9m | 308.18km 82.50km 45.00km 27.63km 24.56km |
| | 8m | 261.97km 70.13km 38.25km 25.73km 23.38km |
| | 7m | 222.69km 59.61km 32.52km 23.83km 22.15km |
| | 6m | 189.30km 50.67km 27.84km 21.92km 20.85km |
| | 5m | 160.91km 43.08km 23.50km 20.01km 19.46km |
| | 4m | 136.78km 36.62km 19.97km 18.08km 17.96km |
| | 3m | 116.27km 31.13km 16.98km 16.15km 16.31km |
| | 2m | 98.84km 26.46km 14.43km 14.23km 14.41km |
| | 1m | 84.02km 22.49km 12.27km 12.54km 12.08km |

| No. | 項目 | 内容 |
|------|---|--|
| | 周波数 | 400MHz |
| | 無人機 送信仕様 | |
| | 送信空中線電力 | 0.2W |
| | 隣接チャネル漏洩抑圧量 | -7.0dBW |
| | 送信給電線損失 | 0.0dB |
| | 送信空中線利得 | 3dB |
| | 送信EIRP | -59.16dBW |
| ① | 与干渉量 | -29.16dBm |
| ② | 被干渉許容値 | -114.4dBm |
| ③ | 所要結合損 ①-② | 84.84dB |
| | 受信局仕様 | |
| | 受信給電線損失 | 0.0dB |
| | 受信空中線利得 | 2.0dB |
| ④ | 調査モデル結合量 | 2dB |
| ⑤ | 所要改善量 ③+④ | 86.84dB |
| ⑥ | 所要離隔距離 | |
| | 自由空間 | 1.31km |
| | 奥村一帯モデル 近似式の条件: 通信距離: 1km~20km, 無人機高度: 30m~200m, 受信局高度: 1m~10m | |
| | 無人機高度 | 受信局高度 【開放地】 【郊外】 【中小都市】 【大都市】 <400MHz> 【大都市】 >400MHz |
| 150m | 10m | 5.74km 1.54km 0.84km 0.47km 0.41km |
| | 9m | 4.88km 1.31km 0.71km 0.44km 0.39km |
| | 8m | 4.15km 1.11km 0.61km 0.41km 0.37km |
| | 7m | 3.53km 0.94km 0.51km 0.38km 0.35km |
| | 6m | 3.00km 0.80km 0.44km 0.35km 0.33km |
| | 5m | 2.55km 0.68km 0.37km 0.32km 0.31km |
| | 4m | 2.17km 0.58km 0.32km 0.29km 0.28km |
| | 3m | 1.84km 0.49km 0.27km 0.26km 0.26km |
| | 2m | 1.57km 0.42km 0.23km 0.23km 0.23km |
| | 1m | 1.33km 0.36km 0.19km 0.20km 0.19km |

無人機→狭帯域デジタル通信装置への与干渉

【帯域外干渉】

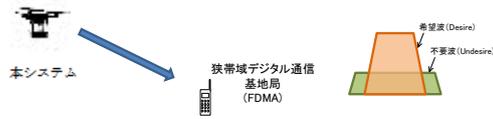


| No. | 項目 | 内容 |
|------|---|--|
| | 周波数 | 400MHz |
| | 無人機 送信仕様 | |
| | 送信空中線電力 | 0.2W |
| | 隣接チャネル漏洩抑圧量 | -7.0dBW |
| | 送信給電線損失 | 0.0dB |
| | 送信空中線利得 | 3dB |
| | 送信EIRP | -3.99dBW |
| ① | 与干渉量 | 26.01dBm |
| ② | 被干渉許容値 | -48.4dBm |
| ③ | 所要結合損 ①-② | 74.01dB |
| | 受信局仕様 | |
| | 受信給電線損失 | 0.0dB |
| | 受信空中線利得 | 2.0dB |
| ④ | 調査モデル結合量 | 2dB |
| ⑤ | 所要改善量 ③+④ | 76.01dB |
| ⑥ | 所要離隔距離 | |
| | 自由空間 | 0.38km |
| | 奥村一帯モデル 近似式の条件: 通信距離: 1km~20km, 無人機高度: 30m~200m, 受信局高度: 1m~10m | |
| | 無人機高度 | 受信局高度 【開放地】 【郊外】 【中小都市】 【大都市】 <400MHz> 【大都市】 >400MHz |
| 150m | 10m | 2.55km 0.68km 0.37km 0.21km 0.18km |
| | 9m | 2.16km 0.58km 0.32km 0.19km 0.17km |
| | 8m | 1.84km 0.49km 0.27km 0.18km 0.16km |
| | 7m | 1.56km 0.42km 0.23km 0.17km 0.16km |
| | 6m | 1.33km 0.36km 0.19km 0.15km 0.15km |
| | 5m | 1.13km 0.30km 0.16km 0.14km 0.14km |
| | 4m | 0.96km 0.26km 0.14km 0.13km 0.13km |
| | 3m | 0.82km 0.22km 0.12km 0.11km 0.11km |
| | 2m | 0.69km 0.19km 0.10km 0.10km 0.10km |
| | 1m | 0.59km 0.16km 0.09km 0.09km 0.08km |

1-3 狭帯域デジタル通信 FDMA 基地局

無人機→狭帯域デジタル通信装置への与干渉

【同一波干渉】



| No. | 項目 | 内容 |
|------|---|--|
| | 周波数 | 400MHz |
| | 無人機 送信仕様 | |
| | 送信空中線電力 | 0.2W |
| | 隣接チャネル漏洩抑圧量 | -7.0dBW |
| | 送信給電線損失 | 0.0dB |
| | 送信空中線利得 | 3dB |
| | 送信EIRP | -3.99dBW |
| ① | 与干渉量 | 26.01dBm |
| ② | 被干渉許容値 | -123.4dBm |
| ③ | 所要結合損 ①-② | 149.01dB |
| | 受信局仕様 | |
| | 受信給電線損失 | 6.21dB |
| | 受信空中線利得 | 11.0dB |
| ④ | 調査モデル結合量 | 4.79dB |
| ⑤ | 所要改善量 ③+④ | 153.8dB |
| ⑥ | 所要離隔距離 | |
| | 自由空間 | 2,923.25km |
| | 奥村一帯モデル 近似式の条件: 通信距離: 1km~20km, 無人機高度: 30m~200m, 受信局高度: 1m~10m | |
| | 無人機高度 | 受信局高度 【開放地】 【郊外】 【中小都市】 【大都市】 <400MHz> 【大都市】 >400MHz |
| 150m | 10m | 879.18km 235.35km 128.37km 71.59km 62.31km |
| | 9m | 747.33km 200.06km 109.12km 66.99km 59.56km |
| | 8m | 635.27km 170.06km 92.76km 62.39km 56.70km |
| | 7m | 540.01km 144.56km 78.85km 57.78km 53.71km |
| | 6m | 459.04km 122.88km 67.03km 53.17km 50.55km |
| | 5m | 390.21km 104.46km 56.98km 48.52km 47.19km |
| | 4m | 331.70km 88.79km 48.43km 43.85km 43.55km |
| | 3m | 281.96km 75.48km 41.17km 39.16km 39.54km |
| | 2m | 239.68km 64.16km 35.00km 34.51km 34.94km |
| | 1m | 203.74km 54.54km 29.75km 30.40km 29.29km |

無人機→狭帯域デジタル通信装置への与干渉

【隣接波干渉】



| No. | 項目 | 内容 |
|------|---|--|
| | 周波数 | 400MHz |
| | 無人機 送信仕様 | |
| | 送信空中線電力 | 0.2W |
| | 隣接チャネル漏洩抑圧量 | -7.0dBW |
| | 送信給電線損失 | 0.0dB |
| | 送信空中線利得 | 3dB |
| | 送信EIRP | -65.39dBW |
| ① | 与干渉量 | -35.39dBm |
| ② | 被干渉許容値 | -123.4dBm |
| ③ | 所要結合損 ①-② | 87.61dB |
| | 受信局仕様 | |
| | 受信給電線損失 | 6.21dB |
| | 受信空中線利得 | 11.0dB |
| ④ | 調査モデル結合量 | 4.79dB |
| ⑤ | 所要改善量 ③+④ | 92.4dB |
| ⑥ | 所要離隔距離 | |
| | 自由空間 | 2.49km |
| | 奥村一帯モデル 近似式の条件: 通信距離: 1km~20km, 無人機高度: 30m~200m, 受信局高度: 1m~10m | |
| | 無人機高度 | 受信局高度 【開放地】 【郊外】 【中小都市】 【大都市】 <400MHz> 【大都市】 >400MHz |
| 150m | 10m | 8.72km 2.34km 1.27km 0.71km 0.62km |
| | 9m | 7.42km 1.99km 1.08km 0.66km 0.59km |
| | 8m | 6.30km 1.69km 0.92km 0.62km 0.56km |
| | 7m | 5.36km 1.43km 0.78km 0.57km 0.53km |
| | 6m | 4.55km 1.22km 0.67km 0.53km 0.50km |
| | 5m | 3.87km 1.04km 0.57km 0.48km 0.47km |
| | 4m | 3.29km 0.88km 0.48km 0.44km 0.43km |
| | 3m | 2.80km 0.75km 0.41km 0.39km 0.39km |
| | 2m | 2.38km 0.64km 0.35km 0.34km 0.35km |
| | 1m | 2.02km 0.54km 0.30km 0.30km 0.29km |

無人機→狭帯域デジタル通信装置への与干渉

【帯域外干渉】



| No. | 項目 | 内容 |
|------|---|--|
| | 周波数 | 400MHz |
| | 無人機 送信仕様 | |
| | 送信空中線電力 | 0.2W |
| | 隣接チャネル漏洩抑圧量 | -7.0dBW |
| | 送信給電線損失 | 0.0dB |
| | 送信空中線利得 | 3dB |
| | 送信EIRP | -3.99dBW |
| ① | 与干渉量 | 26.01dBm |
| ② | 被干渉許容値 | -57.4dBm |
| ③ | 所要結合損 ①-② | 83.01dB |
| | 受信局仕様 | |
| | 受信給電線損失 | 6.21dB |
| | 受信空中線利得 | 11.0dB |
| ④ | 調査モデル結合量 | 4.79dB |
| ⑤ | 所要改善量 ③+④ | 87.8dB |
| ⑥ | 所要離隔距離 | |
| | 自由空間 | 1.47km |
| | 奥村一帯モデル 近似式の条件: 通信距離: 1km~20km, 無人機高度: 30m~200m, 受信局高度: 1m~10m | |
| | 無人機高度 | 受信局高度 【開放地】 【郊外】 【中小都市】 【大都市】 <400MHz> 【大都市】 >400MHz |
| 150m | 10m | 6.17km 1.65km 0.90km 0.50km 0.44km |
| | 9m | 5.25km 1.40km 0.77km 0.47km 0.42km |
| | 8m | 4.46km 1.19km 0.65km 0.44km 0.40km |
| | 7m | 3.79km 1.02km 0.55km 0.41km 0.38km |
| | 6m | 3.22km 0.86km 0.47km 0.37km 0.35km |
| | 5m | 2.74km 0.73km 0.40km 0.34km 0.33km |
| | 4m | 2.33km 0.62km 0.34km 0.31km 0.31km |
| | 3m | 1.98km 0.53km 0.29km 0.27km 0.28km |
| | 2m | 1.68km 0.45km 0.25km 0.24km 0.25km |
| | 1m | 1.43km 0.38km 0.21km 0.21km 0.21km |

1-4 狭帯域デジタル通信 FDMA 移動局

無人機→狭帯域デジタル通信装置への与干渉

【同一波干渉】



無人機→狭帯域デジタル通信装置への与干渉

【隣接波干渉】



| No. | 項目 | 内容 |
|------|---|---|
| | 周波数 | 400MHz |
| | 無人機 送信仕様 | |
| | 送信空中線電力 | 0.2W |
| | 隣接チャネル漏洩抑圧量 | -7.0dBW |
| | 送信給電線損失 | 0.0dB |
| | 送信空中線利得 | 3.0dB |
| | 送信EIRP | -3.99dBW |
| ① | 与干渉量 | 26.01dBm |
| ② | 被干渉許容値 | -123.0dBm |
| ③ | 所要結合損 ①-② | 149.01dB |
| | 受信局仕様 | |
| | 受信給電線損失 | 0.0dB |
| | 受信空中線利得 | 2.0dB |
| ④ | 調査モデル結合量 | 2.0dB |
| ⑤ | 所要改善量 ③+④ | 151.01dB |
| ⑥ | 所要離隔距離 | |
| | 自由空間 | 2,120.15km |
| | 奥村一帯モデル 近似式の条件:通信距離:1km~20km, 無人機高度:30m~200m, 受信局高度:1m~10m | |
| | 無人機高度 | 受信局高度 【開放地】 【郊外】 【中都市】 【大都市】 <400MHz >400MHz |
| 150m | 10m | 712.90km 190.84km 104.10km 58.05km 50.52km |
| | 9m | 606.00km 162.23km 88.49km 54.32km 48.30km |
| | 8m | 515.14km 137.90km 75.22km 50.59km 45.98km |
| | 7m | 437.89km 117.22km 63.94km 46.86km 43.55km |
| | 6m | 372.23km 99.65km 54.35km 43.11km 40.99km |
| | 5m | 316.41km 84.70km 46.20km 39.35km 38.27km |
| | 4m | 268.97km 72.00km 39.27km 35.56km 35.32km |
| | 3m | 228.64km 61.21km 33.38km 31.76km 32.06km |
| | 2m | 194.35km 52.03km 28.38km 27.98km 28.34km |
| | 1m | 165.21km 44.23km 24.12km 24.65km 23.75km |

| No. | 項目 | 内容 |
|------|---|---|
| | 周波数 | 400MHz |
| | 無人機 送信仕様 | |
| | 送信空中線電力 | 0.2W |
| | 隣接チャネル漏洩抑圧量 | -7.0dBW |
| | 送信給電線損失 | 0.0dB |
| | 送信空中線利得 | 3.0dB |
| | 送信EIRP | -65.39dBW |
| ① | 与干渉量 | -35.39dBm |
| ② | 被干渉許容値 | -123.0dBm |
| ③ | 所要結合損 ①-② | 87.61dB |
| | 受信局仕様 | |
| | 受信給電線損失 | 0.0dB |
| | 受信空中線利得 | 2.0dB |
| ④ | 調査モデル結合量 | 2.0dB |
| ⑤ | 所要改善量 ③+④ | 89.61dB |
| ⑥ | 所要離隔距離 | |
| | 自由空間 | 1.81km |
| | 奥村一帯モデル 近似式の条件:通信距離:1km~20km, 無人機高度:30m~200m, 受信局高度:1m~10m | |
| | 無人機高度 | 受信局高度 【開放地】 【郊外】 【中都市】 【大都市】 <400MHz >400MHz |
| 150m | 10m | 7.07km 1.89km 1.03km 0.58km 0.50km |
| | 9m | 6.01km 1.61km 0.88km 0.54km 0.48km |
| | 8m | 5.11km 1.37km 0.75km 0.50km 0.46km |
| | 7m | 4.35km 1.16km 0.63km 0.46km 0.43km |
| | 6m | 3.69km 0.99km 0.54km 0.43km 0.41km |
| | 5m | 3.14km 0.84km 0.46km 0.39km 0.38km |
| | 4m | 2.67km 0.71km 0.39km 0.35km 0.35km |
| | 3m | 2.27km 0.61km 0.33km 0.32km 0.32km |
| | 2m | 1.93km 0.52km 0.28km 0.28km 0.28km |
| | 1m | 1.64km 0.44km 0.24km 0.24km 0.24km |

無人機→狭帯域デジタル通信装置への与干渉

【帯域外干渉】

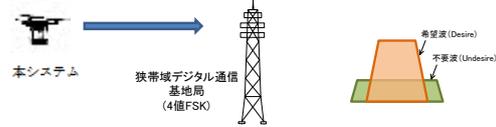


| No. | 項目 | 内容 |
|------|---|---|
| | 周波数 | 400MHz |
| | 無人機 送信仕様 | |
| | 送信空中線電力 | 0.2W |
| | 隣接チャネル漏洩抑圧量 | -7.0dBW |
| | 送信給電線損失 | 0.0dB |
| | 送信空中線利得 | 3.0dB |
| | 送信EIRP | -3.99dBW |
| ① | 与干渉量 | 26.01dBm |
| ② | 被干渉許容値 | -57.0dBm |
| ③ | 所要結合損 ①-② | 83.01dB |
| | 受信局仕様 | |
| | 受信給電線損失 | 0.0dB |
| | 受信空中線利得 | 2.0dB |
| ④ | 調査モデル結合量 | 2.0dB |
| ⑤ | 所要改善量 ③+④ | 85.01dB |
| ⑥ | 所要離隔距離 | |
| | 自由空間 | 1.06km |
| | 奥村一帯モデル 近似式の条件:通信距離:1km~20km, 無人機高度:30m~200m, 受信局高度:1m~10m | |
| | 無人機高度 | 受信局高度 【開放地】 【郊外】 【中都市】 【大都市】 <400MHz >400MHz |
| 150m | 10m | 5.01km 1.34km 0.73km 0.41km 0.35km |
| | 9m | 4.25km 1.14km 0.62km 0.38km 0.34km |
| | 8m | 3.62km 0.97km 0.53km 0.36km 0.32km |
| | 7m | 3.07km 0.82km 0.45km 0.33km 0.31km |
| | 6m | 2.61km 0.70km 0.38km 0.30km 0.29km |
| | 5m | 2.22km 0.59km 0.32km 0.28km 0.27km |
| | 4m | 1.89km 0.51km 0.28km 0.25km 0.25km |
| | 3m | 1.61km 0.43km 0.23km 0.22km 0.23km |
| | 2m | 1.36km 0.37km 0.20km 0.20km 0.20km |
| | 1m | 1.16km 0.31km 0.17km 0.17km 0.17km |

1-5 狭帯域デジタル通信 4FSK 基地局

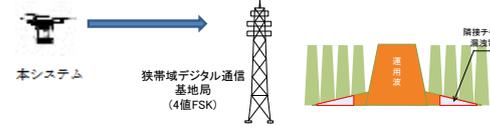
無人機-狭帯域デジタル通信装置への与干渉

【同一波干渉】



無人機-狭帯域デジタル通信装置への与干渉

【隣接波干渉】

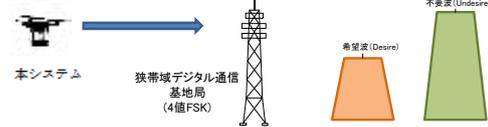


| No. | 項目 | 内容 |
|------|---|--|
| | 周波数 | 400MHz |
| | 無人機 送信仕様 | |
| | 送信空中線電力 | 0.2W |
| | 隣接チャネル漏洩抑圧量 | -7.0dBW |
| | 送信給電線損失 | 0.0dB |
| | 送信空中線利得 | 3.0dB |
| | 送信EIRP | -3.99dBW |
| ① | 与干渉量 | 26.01dBm |
| ② | 被干渉許容値 | -124.3dBm |
| ③ | 所要結合損 ①-② | 150.31dB |
| | 受信局仕様 | |
| | 受信給電線損失 | 6.21dB |
| | 受信空中線利得 | 11.0dB |
| ④ | 調査モデル結合量 | 4.79dB |
| ⑤ | 所要改善量 ③+④ | 155.1dB |
| ⑥ | 所要離隔距離 | |
| | 自由空間 | 3.395.21km |
| | 奥村-素モデル 近似式の条件: 通信距離: 1km~20km, 無人機高度: 30m~200m, 受信局高度: 1m~10m | |
| | 無人機高度 | 受信局高度 【開放地】 【郊外】 【中小都市】 【大都市】 <400MHz >400MHz |
| 150m | 10m | 969.37km 259.50km 141.54km 78.93km 68.70km |
| | 9m | 824.01km 220.59km 120.32km 73.86km 65.67km |
| | 8m | 700.45km 187.51km 102.28km 68.79km 62.52km |
| | 7m | 595.42km 159.39km 86.94km 63.71km 59.22km |
| | 6m | 506.14km 135.49km 73.90km 58.62km 55.74km |
| | 5m | 430.24km 115.18km 62.82km 53.50km 52.03km |
| | 4m | 365.73km 97.91km 53.40km 48.35km 48.02km |
| | 3m | 310.89km 83.22km 45.39km 43.16km 43.60km |
| | 2m | 264.27km 70.75km 38.59km 38.05km 38.53km |
| | 1m | 224.64km 60.14km 32.80km 33.52km 32.29km |

| No. | 項目 | 内容 |
|------|---|--|
| | 周波数 | 400MHz |
| | 無人機 送信仕様 | |
| | 送信空中線電力 | 0.2W |
| | 隣接チャネル漏洩抑圧量 | -7.0dBW |
| | 送信給電線損失 | 0.0dB |
| | 送信空中線利得 | 3.0dB |
| | 送信EIRP | -65.39dBW |
| ① | 与干渉量 | -35.39dBm |
| ② | 被干渉許容値 | -124.3dBm |
| ③ | 所要結合損 ①-② | 88.91dB |
| | 受信局仕様 | |
| | 受信給電線損失 | 6.21dB |
| | 受信空中線利得 | 11.0dB |
| ④ | 調査モデル結合量 | 4.79dB |
| ⑤ | 所要改善量 ③+④ | 93.7dB |
| ⑥ | 所要離隔距離 | |
| | 自由空間 | 2.89km |
| | 奥村-素モデル 近似式の条件: 通信距離: 1km~20km, 無人機高度: 30m~200m, 受信局高度: 1m~10m | |
| | 無人機高度 | 受信局高度 【開放地】 【郊外】 【中小都市】 【大都市】 <400MHz >400MHz |
| 150m | 10m | 9.62km 2.57km 1.40km 0.78km 0.68km |
| | 9m | 8.18km 2.19km 1.19km 0.73km 0.65km |
| | 8m | 6.95km 1.86km 1.01km 0.68km 0.62km |
| | 7m | 5.91km 1.58km 0.86km 0.63km 0.59km |
| | 6m | 5.02km 1.34km 0.73km 0.58km 0.55km |
| | 5m | 4.27km 1.14km 0.62km 0.53km 0.52km |
| | 4m | 3.63km 0.97km 0.53km 0.48km 0.48km |
| | 3m | 3.08km 0.83km 0.45km 0.43km 0.43km |
| | 2m | 2.62km 0.70km 0.38km 0.38km 0.38km |
| | 1m | 2.23km 0.60km 0.33km 0.33km 0.32km |

無人機-狭帯域デジタル通信装置への与干渉

【帯域外干渉】

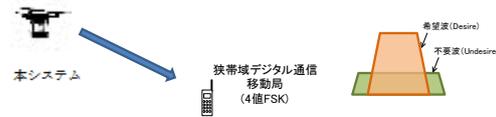


| No. | 項目 | 内容 |
|------|---|--|
| | 周波数 | 400MHz |
| | 無人機 送信仕様 | |
| | 送信空中線電力 | 0.2W |
| | 隣接チャネル漏洩抑圧量 | -7.0dBW |
| | 送信給電線損失 | 0.0dB |
| | 送信空中線利得 | 3.0dB |
| | 送信EIRP | -3.99dBW |
| ① | 与干渉量 | 26.01dBm |
| ② | 被干渉許容値 | -57.0dBm |
| ③ | 所要結合損 ①-② | 83.01dB |
| | 受信局仕様 | |
| | 受信給電線損失 | 6.21dB |
| | 受信空中線利得 | 11.0dB |
| ④ | 調査モデル結合量 | 4.79dB |
| ⑤ | 所要改善量 ③+④ | 87.8dB |
| ⑥ | 所要離隔距離 | |
| | 自由空間 | 1.47km |
| | 奥村-素モデル 近似式の条件: 通信距離: 1km~20km, 無人機高度: 30m~200m, 受信局高度: 1m~10m | |
| | 無人機高度 | 受信局高度 【開放地】 【郊外】 【中小都市】 【大都市】 <400MHz >400MHz |
| 150m | 10m | 6.17km 1.65km 0.90km 0.50km 0.44km |
| | 9m | 5.25km 1.40km 0.77km 0.47km 0.42km |
| | 8m | 4.46km 1.19km 0.65km 0.44km 0.40km |
| | 7m | 3.79km 1.02km 0.55km 0.41km 0.38km |
| | 6m | 3.22km 0.86km 0.47km 0.37km 0.35km |
| | 5m | 2.74km 0.73km 0.40km 0.34km 0.33km |
| | 4m | 2.33km 0.62km 0.34km 0.31km 0.31km |
| | 3m | 1.98km 0.53km 0.29km 0.27km 0.28km |
| | 2m | 1.68km 0.45km 0.25km 0.24km 0.25km |
| | 1m | 1.43km 0.38km 0.21km 0.21km 0.21km |

1-6 狭帯域デジタル通信 4FSK 移動局

無人機-狭帯域デジタル通信装置への与干渉

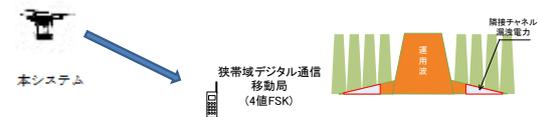
【同一波干渉】



| No. | 項目 | 内容 |
|------|-------------|--|
| | 周波数 | 400MHz |
| | 無人機 送信仕様 | |
| | 送信空中線電力 | 0.2W |
| | 隣接チャネル漏洩抑圧量 | -7.0dB |
| | 送信給電線損失 | 0.0dB |
| | 送信空中線利得 | 3.0dB |
| | 送信EIRP | -3.99dBW |
| ① | 与干渉量 | 26.01dBm |
| ② | 被干渉許容値 | -124.3dBm |
| ③ | 所要結合損 ①-② | 150.31dB |
| | 受信局仕様 | |
| | 受信給電線損失 | 0.0dB |
| | 受信空中線利得 | 2.0dB |
| ④ | 調査モデル結合量 | 2.0dB |
| ⑤ | 所要改善量 ③+④ | 152.31dB |
| ⑥ | 所要離隔距離 | |
| | 自由空間 | 2.462.44km |
| | 奥村-案モデル | 近似式の条件: 通信距離: 1km~20km, 無人機高度: 30m~200m, 受信局高度: 1m~10m |
| | 無人機高度 | 受信局高度 【開放地】 【郊外】 【中小都市】 【大都市】 <400MHz >400MHz |
| 150m | 10m | 786.05km 210.42km 114.78km 64.01km 55.71km |
| | 9m | 668.18km 178.87km 97.57km 59.90km 53.25km |
| | 8m | 567.99km 152.05km 82.94km 55.78km 50.70km |
| | 7m | 482.82km 129.25km 70.50km 51.66km 48.02km |
| | 6m | 410.42km 109.87km 59.93km 47.53km 45.20km |
| | 5m | 348.88km 93.39km 50.94km 43.38km 42.19km |
| | 4m | 296.57km 79.39km 43.30km 39.21km 38.94km |
| | 3m | 252.10km 67.49km 36.81km 35.01km 35.35km |
| | 2m | 214.29km 57.37km 31.29km 30.85km 31.24km |
| | 1m | 182.16km 48.76km 26.60km 27.18km 26.18km |

無人機-狭帯域デジタル通信装置への与干渉

【隣接波干渉】



| No. | 項目 | 内容 |
|------|-------------|--|
| | 周波数 | 400MHz |
| | 無人機 送信仕様 | |
| | 送信空中線電力 | 0.2W |
| | 隣接チャネル漏洩抑圧量 | -7.0dB |
| | 送信給電線損失 | 0.0dB |
| | 送信空中線利得 | 3.0dB |
| | 送信EIRP | -65.39dBW |
| ① | 与干渉量 | -35.39dBm |
| ② | 被干渉許容値 | -124.3dBm |
| ③ | 所要結合損 ①-② | 88.91dB |
| | 受信局仕様 | |
| | 受信給電線損失 | 0.0dB |
| | 受信空中線利得 | 2.0dB |
| ④ | 調査モデル結合量 | 2.0dB |
| ⑤ | 所要改善量 ③+④ | 90.91dB |
| ⑥ | 所要離隔距離 | |
| | 自由空間 | 2.10km |
| | 奥村-案モデル | 近似式の条件: 通信距離: 1km~20km, 無人機高度: 30m~200m, 受信局高度: 1m~10m |
| | 無人機高度 | 受信局高度 【開放地】 【郊外】 【中小都市】 【大都市】 <400MHz >400MHz |
| 150m | 10m | 7.80km 2.09km 1.14km 0.64km 0.55km |
| | 9m | 6.63km 1.77km 0.97km 0.59km 0.53km |
| | 8m | 5.64km 1.51km 0.82km 0.55km 0.50km |
| | 7m | 4.79km 1.28km 0.70km 0.51km 0.48km |
| | 6m | 4.07km 1.09km 0.59km 0.47km 0.45km |
| | 5m | 3.46km 0.93km 0.51km 0.43km 0.42km |
| | 4m | 2.94km 0.79km 0.43km 0.39km 0.39km |
| | 3m | 2.50km 0.67km 0.37km 0.35km 0.35km |
| | 2m | 2.13km 0.57km 0.31km 0.31km 0.31km |
| | 1m | 1.81km 0.48km 0.26km 0.27km 0.26km |

無人機-狭帯域デジタル通信装置への与干渉

【帯域外干渉】



| No. | 項目 | 内容 |
|------|-------------|--|
| | 周波数 | 400MHz |
| | 無人機 送信仕様 | |
| | 送信空中線電力 | 0.2W |
| | 隣接チャネル漏洩抑圧量 | -7.0dB |
| | 送信給電線損失 | 0.0dB |
| | 送信空中線利得 | 3.0dB |
| | 送信EIRP | -3.99dBW |
| ① | 与干渉量 | 26.01dBm |
| ② | 被干渉許容値 | -57.0dBm |
| ③ | 所要結合損 ①-② | 83.01dB |
| | 受信局仕様 | |
| | 受信給電線損失 | 0.0dB |
| | 受信空中線利得 | 2.0dB |
| ④ | 調査モデル結合量 | 2.0dB |
| ⑤ | 所要改善量 ③+④ | 85.01dB |
| ⑥ | 所要離隔距離 | |
| | 自由空間 | 1.06km |
| | 奥村-案モデル | 近似式の条件: 通信距離: 1km~20km, 無人機高度: 30m~200m, 受信局高度: 1m~10m |
| | 無人機高度 | 受信局高度 【開放地】 【郊外】 【中小都市】 【大都市】 <400MHz >400MHz |
| 150m | 10m | 5.01km 1.34km 0.73km 0.41km 0.35km |
| | 9m | 4.25km 1.14km 0.62km 0.38km 0.34km |
| | 8m | 3.62km 0.97km 0.53km 0.36km 0.32km |
| | 7m | 3.07km 0.82km 0.45km 0.33km 0.31km |
| | 6m | 2.61km 0.70km 0.38km 0.30km 0.29km |
| | 5m | 2.22km 0.59km 0.32km 0.28km 0.27km |
| | 4m | 1.89km 0.51km 0.28km 0.25km 0.25km |
| | 3m | 1.61km 0.43km 0.23km 0.22km 0.23km |
| | 2m | 1.36km 0.37km 0.20km 0.20km 0.20km |
| | 1m | 1.16km 0.31km 0.17km 0.17km 0.17km |

2 アナログ簡易(小エリア無線通信)

無人機→アナログ簡易(小エリア無線)への与干渉

【同一波干渉】



無人機→アナログ簡易(小エリア無線)への与干渉

【隣接波干渉】



| No. | 項目 | 内容 |
|------|--------------|--|
| | 周波数 | 400MHz |
| | 無人機 送信仕様 | |
| | 送信空中線電力 | 0.2W |
| | 隣接チャンネル漏洩抑圧量 | -7.0dB |
| | 送信給電線損失 | 0.0dB |
| | 送信空中線利得 | 3 dB |
| | 送信EIRP | -3.99dBW |
| ① | 与干渉量 | 26.01dBm |
| ② | 被干渉許容値 | -116 dBm |
| ③ | 所要結合損 ①-② | 142.01dB |
| | 受信局仕様 | |
| | 受信給電線損失 | 0 dB |
| | 受信空中線利得 | 2.0dB |
| ④ | 調査モデル結合量 | 2 dB |
| ⑤ | 所要改善量 ③+④ | 144.01dB |
| ⑥ | 所要離隔距離 | 947.04km |
| | 自由空間 | |
| | 奥村-素モデル | 近似式の条件: 通信距離: 1km~20km, 無人機高度: 30m~200m, 受信局高度: 1m~10m |
| | 無人機高度 | 受信局高度 【開放地】 【郊外】 【中小都市】 【大都市】 <400MHz >400MHz |
| 150m | 10m | 421.33km 112.79km 61.52km 34.31km 29.86km |
| | 9m | 358.15km 95.88km 52.30km 32.10km 28.54km |
| | 8m | 304.45km 81.50km 44.45km 29.90km 27.17km |
| | 7m | 258.80km 69.28km 37.79km 27.69km 25.74km |
| | 6m | 219.99km 58.89km 32.12km 25.48km 24.23km |
| | 5m | 187.00km 50.06km 27.31km 23.25km 22.62km |
| | 4m | 158.96km 42.55km 23.21km 21.02km 20.87km |
| | 3m | 135.13km 36.17km 19.73km 18.77km 18.95km |
| | 2m | 114.86km 30.75km 16.77km 16.54km 16.75km |
| | 1m | 97.64km 26.14km 14.26km 14.57km 14.03km |

| No. | 項目 | 内容 |
|------|--------------|--|
| | 周波数 | 400MHz |
| | 無人機 送信仕様 | |
| | 送信空中線電力 | 0.2W |
| | 隣接チャンネル漏洩抑圧量 | -7.0dB |
| | 送信給電線損失 | 0.0dB |
| | 送信空中線利得 | 3 dB |
| | 送信EIRP | -63.73dBW |
| ① | 与干渉量 | -33.73dBm |
| ② | 被干渉許容値 | -116 dBm |
| ③ | 所要結合損 ①-② | 82.27dB |
| | 受信局仕様 | |
| | 受信給電線損失 | 0 dB |
| | 受信空中線利得 | 2.0dB |
| ④ | 調査モデル結合量 | 2 dB |
| ⑤ | 所要改善量 ③+④ | 84.27dB |
| ⑥ | 所要離隔距離 | 0.98km |
| | 自由空間 | |
| | 奥村-素モデル | 近似式の条件: 通信距離: 1km~20km, 無人機高度: 30m~200m, 受信局高度: 1m~10m |
| | 無人機高度 | 受信局高度 【開放地】 【郊外】 【中小都市】 【大都市】 <400MHz >400MHz |
| 150m | 10m | 4.74km 1.27km 0.69km 0.39km 0.34km |
| | 9m | 4.03km 1.08km 0.59km 0.36km 0.32km |
| | 8m | 3.42km 0.92km 0.50km 0.34km 0.31km |
| | 7m | 2.91km 0.78km 0.42km 0.31km 0.29km |
| | 6m | 2.47km 0.66km 0.36km 0.29km 0.27km |
| | 5m | 2.10km 0.56km 0.31km 0.26km 0.25km |
| | 4m | 1.79km 0.48km 0.26km 0.24km 0.23km |
| | 3m | 1.52km 0.41km 0.22km 0.21km 0.21km |
| | 2m | 1.29km 0.35km 0.19km 0.19km 0.19km |
| | 1m | 1.10km 0.29km 0.16km 0.16km 0.16km |

無人機→アナログ簡易(小エリア無線)への与干渉

【帯域外干渉】



| No. | 項目 | 内容 |
|------|--------------|--|
| | 周波数 | 400MHz |
| | 無人機 送信仕様 | |
| | 送信空中線電力 | 0.2W |
| | 隣接チャンネル漏洩抑圧量 | -7.0dB |
| | 送信給電線損失 | 0.0dB |
| | 送信空中線利得 | 3 dB |
| | 送信EIRP | -3.99dBW |
| ① | 与干渉量 | 26.01dBm |
| ② | 被干渉許容値 | -51 dBm |
| ③ | 所要結合損 ①-② | 77.01dB |
| | 受信局仕様 | |
| | 受信給電線損失 | 0 dB |
| | 受信空中線利得 | 2.0dB |
| ④ | 調査モデル結合量 | 2 dB |
| ⑤ | 所要改善量 ③+④ | 79.01dB |
| ⑥ | 所要離隔距離 | 0.53km |
| | 自由空間 | |
| | 奥村-素モデル | 近似式の条件: 通信距離: 1km~20km, 無人機高度: 30m~200m, 受信局高度: 1m~10m |
| | 無人機高度 | 受信局高度 【開放地】 【郊外】 【中小都市】 【大都市】 <400MHz >400MHz |
| 150m | 10m | 3.19km 0.85km 0.47km 0.26km 0.23km |
| | 9m | 2.71km 0.73km 0.40km 0.24km 0.22km |
| | 8m | 2.30km 0.62km 0.34km 0.23km 0.21km |
| | 7m | 1.96km 0.52km 0.29km 0.21km 0.19km |
| | 6m | 1.67km 0.45km 0.24km 0.19km 0.18km |
| | 5m | 1.42km 0.38km 0.21km 0.18km 0.17km |
| | 4m | 1.20km 0.32km 0.18km 0.16km 0.16km |
| | 3m | 1.02km 0.27km 0.15km 0.14km 0.14km |
| | 2m | 0.87km 0.23km 0.13km 0.13km 0.13km |
| | 1m | 0.74km 0.20km 0.11km 0.11km 0.11km |

3-1 デジタル簡易無線(QPSK)

無人機→デジタル簡易($\pi/4$ シフトQPSK)への与干渉

【同一波干渉】



無人機→デジタル簡易($\pi/4$ シフトQPSK)への与干渉

【隣接波干渉】



| No. | 項目 | 内容 |
|------|-------------|--|
| | 周波数 | 400MHz |
| | 無人機 送信仕様 | |
| | 送信空中線電力 | 0.2W |
| | 隣接チャネル漏洩抑圧量 | -7.0dB |
| | 送信給電線損失 | 0.0dB |
| | 送信空中線利得 | 3dB |
| | 送信EIRP | -3.99dBW |
| ① | 与干渉量 | 26.01dBm |
| ② | 被干渉許容値 | -123dBm |
| ③ | 所要結合損 ①-② | 149.01dB |
| | 受信局仕様 | |
| | 受信給電線損失 | 0dB |
| | 受信空中線利得 | 2.0dB |
| ④ | 調査モデル結合量 | 2dB |
| ⑤ | 所要改善量 ③+④ | 151.01dB |
| ⑥ | 所要離隔距離 | 2,120.15km |
| | 自由空間 | |
| | 奥村-素モデル | 近似式の条件: 通信距離: 1km~20km, 無人機高度: 30m~200m, 受信局高度: 1m~10m |
| | 無人機高度 | 受信局高度 【開放地】 【郊外】 【中小都市】 【大都市】 <400MHz >400MHz |
| 150m | 10m | 712.90km 190.84km 104.10km 58.05km 50.52km |
| | 9m | 606.00km 162.23km 88.49km 54.32km 48.30km |
| | 8m | 515.14km 137.90km 75.22km 50.59km 45.98km |
| | 7m | 437.89km 117.22km 63.94km 46.86km 43.55km |
| | 6m | 372.23km 99.65km 54.35km 43.11km 40.99km |
| | 5m | 316.41km 84.70km 46.20km 39.35km 38.27km |
| | 4m | 268.97km 72.00km 39.27km 35.56km 35.32km |
| | 3m | 228.64km 61.21km 33.38km 31.76km 32.06km |
| | 2m | 194.35km 52.03km 28.38km 27.98km 28.34km |
| | 1m | 165.21km 44.23km 24.12km 24.65km 23.75km |

| No. | 項目 | 内容 |
|------|-------------|--|
| | 周波数 | 400MHz |
| | 無人機 送信仕様 | |
| | 送信空中線電力 | 0.2W |
| | 隣接チャネル漏洩抑圧量 | -60dB 受信帯域幅= 5.8kHz 帯域換算値= -1.4dB |
| | 送信給電線損失 | 0.0dB |
| | 送信空中線利得 | 3dB |
| | 送信EIRP | -65.39dBW |
| ① | 与干渉量 | -35.39dBm |
| ② | 被干渉許容値 | -123dBm |
| ③ | 所要結合損 ①-② | 87.61dB |
| | 受信局仕様 | |
| | 受信給電線損失 | 0dB |
| | 受信空中線利得 | 2.0dB |
| ④ | 調査モデル結合量 | 2dB |
| ⑤ | 所要改善量 ③+④ | 89.61dB |
| ⑥ | 所要離隔距離 | 1.81km |
| | 自由空間 | |
| | 奥村-素モデル | 近似式の条件: 通信距離: 1km~20km, 無人機高度: 30m~200m, 受信局高度: 1m~10m |
| | 無人機高度 | 受信局高度 【開放地】 【郊外】 【中小都市】 【大都市】 <400MHz >400MHz |
| 150m | 10m | 7.07km 1.89km 1.03km 0.58km 0.50km |
| | 9m | 6.01km 1.61km 0.88km 0.54km 0.48km |
| | 8m | 5.11km 1.37km 0.75km 0.50km 0.46km |
| | 7m | 4.35km 1.16km 0.63km 0.46km 0.43km |
| | 6m | 3.69km 0.99km 0.54km 0.43km 0.41km |
| | 5m | 3.14km 0.84km 0.46km 0.39km 0.38km |
| | 4m | 2.67km 0.71km 0.39km 0.35km 0.35km |
| | 3m | 2.27km 0.61km 0.33km 0.32km 0.32km |
| | 2m | 1.93km 0.52km 0.28km 0.28km 0.28km |
| | 1m | 1.64km 0.44km 0.24km 0.24km 0.24km |

無人機→デジタル簡易($\pi/4$ シフトQPSK)への与干渉

【帯域外干渉】



| No. | 項目 | 内容 |
|------|-------------|--|
| | 周波数 | 400MHz |
| | 無人機 送信仕様 | |
| | 送信空中線電力 | 0.2W |
| | 隣接チャネル漏洩抑圧量 | -7.0dB |
| | 送信給電線損失 | 0.0dB |
| | 送信空中線利得 | 3dB |
| | 送信EIRP | -3.99dBW |
| ① | 与干渉量 | 26.01dBm |
| ② | 被干渉許容値 | -57dBm |
| ③ | 所要結合損 ①-② | 83.01dB |
| | 受信局仕様 | |
| | 受信給電線損失 | 0dB |
| | 受信空中線利得 | 2.0dB |
| ④ | 調査モデル結合量 | 2dB |
| ⑤ | 所要改善量 ③+④ | 85.01dB |
| ⑥ | 所要離隔距離 | 1.06km |
| | 自由空間 | |
| | 奥村-素モデル | 近似式の条件: 通信距離: 1km~20km, 無人機高度: 30m~200m, 受信局高度: 1m~10m |
| | 無人機高度 | 受信局高度 【開放地】 【郊外】 【中小都市】 【大都市】 <400MHz >400MHz |
| 150m | 10m | 5.01km 1.34km 0.73km 0.41km 0.35km |
| | 9m | 4.25km 1.14km 0.62km 0.38km 0.34km |
| | 8m | 3.62km 0.97km 0.53km 0.36km 0.32km |
| | 7m | 3.07km 0.82km 0.45km 0.33km 0.31km |
| | 6m | 2.61km 0.70km 0.38km 0.30km 0.29km |
| | 5m | 2.22km 0.59km 0.32km 0.28km 0.27km |
| | 4m | 1.89km 0.51km 0.28km 0.25km 0.25km |
| | 3m | 1.61km 0.43km 0.23km 0.22km 0.23km |
| | 2m | 1.36km 0.37km 0.20km 0.20km 0.20km |
| | 1m | 1.16km 0.31km 0.17km 0.17km 0.17km |

3-2 デジタル簡易無線(RZSSB)

無人機→デジタル簡易(RZSSB)への与干渉

【同一波干渉】



無人機→デジタル簡易(RZSSB)への与干渉

【隣接波干渉】



| No. | 項目 | 内容 |
|------|-------------|--|
| | 周波数 | 400MHz |
| | 無人機 送信仕様 | |
| | 送信空中線電力 | 0.2W |
| | 隣接チャネル漏洩抑圧量 | -7.0dBW |
| | 送信給電線損失 | 0.0dB |
| | 送信空中線利得 | 3.0dB |
| | 送信EIRP | -3.99dBW |
| ① | 与干渉量 | 26.01dBm |
| ② | 被干渉許容値 | -125.0dBm |
| ③ | 所要結合損 ①-② | 151.01dB |
| | 受信局仕様 | |
| | 受信給電線損失 | 0.0dB |
| | 受信空中線利得 | 2.0dB |
| ④ | 調査モデル結合量 | 2.0dB |
| ⑤ | 所要改善量 ③+④ | 153.01dB |
| ⑥ | 所要離隔距離 | |
| | 自由空間 | 2.669.11km |
| | 奥村-素モデル | 近似式の条件: 通信距離: 1km~20km, 無人機高度: 30m~200m, 受信局高度: 1m~10m |
| | 無人機高度 | 受信局高度 【開放地】 【郊外】 【中小都市】 【大都市】 <400MHz >400MHz |
| 150m | 10m | 828.50km 221.79km 120.97km 67.46km 58.72km |
| | 9m | 704.27km 188.53km 102.83km 63.13km 56.13km |
| | 8m | 598.66km 160.26km 87.41km 58.80km 53.44km |
| | 7m | 508.89km 136.23km 74.31km 54.45km 50.62km |
| | 6m | 432.59km 115.80km 63.16km 50.10km 47.64km |
| | 5m | 367.72km 98.44km 53.69km 45.73km 44.47km |
| | 4m | 312.58km 83.68km 45.64km 41.33km 41.04km |
| | 3m | 265.71km 71.13km 38.80km 36.91km 37.26km |
| | 2m | 225.87km 60.46km 32.98km 32.52km 32.93km |
| | 1m | 192.00km 51.40km 28.03km 28.65km 27.60km |

| No. | 項目 | 内容 |
|------|-------------|--|
| | 周波数 | 400MHz |
| | 無人機 送信仕様 | |
| | 送信空中線電力 | 0.2W |
| | 隣接チャネル漏洩抑圧量 | -60.0dB 受信帯域幅= 5.8kHz 帯域換算値= -1.4dB |
| | 送信給電線損失 | 0.0dB |
| | 送信空中線利得 | 3.0dB |
| | 送信EIRP | -65.39dBW |
| ① | 与干渉量 | -35.39dBm |
| ② | 被干渉許容値 | -125.0dBm |
| ③ | 所要結合損 ①-② | 89.61dB |
| | 受信局仕様 | |
| | 受信給電線損失 | 0.0dB |
| | 受信空中線利得 | 2.0dB |
| ④ | 調査モデル結合量 | 2.0dB |
| ⑤ | 所要改善量 ③+④ | 91.61dB |
| ⑥ | 所要離隔距離 | |
| | 自由空間 | 2.27km |
| | 奥村-素モデル | 近似式の条件: 通信距離: 1km~20km, 無人機高度: 30m~200m, 受信局高度: 1m~10m |
| | 無人機高度 | 受信局高度 【開放地】 【郊外】 【中小都市】 【大都市】 <400MHz >400MHz |
| 150m | 10m | 8.22km 2.20km 1.20km 0.67km 0.58km |
| | 9m | 6.99km 1.87km 1.02km 0.63km 0.56km |
| | 8m | 5.94km 1.59km 0.87km 0.58km 0.53km |
| | 7m | 5.05km 1.35km 0.74km 0.54km 0.50km |
| | 6m | 4.29km 1.15km 0.63km 0.50km 0.47km |
| | 5m | 3.65km 0.98km 0.53km 0.45km 0.44km |
| | 4m | 3.10km 0.83km 0.45km 0.41km 0.41km |
| | 3m | 2.64km 0.71km 0.38km 0.37km 0.37km |
| | 2m | 2.24km 0.60km 0.33km 0.32km 0.33km |
| | 1m | 1.91km 0.51km 0.28km 0.28km 0.27km |

無人機→デジタル簡易(RZSSB)への与干渉

【帯域外干渉】



| No. | 項目 | 内容 |
|------|-------------|--|
| | 周波数 | 400MHz |
| | 無人機 送信仕様 | |
| | 送信空中線電力 | 0.2W |
| | 隣接チャネル漏洩抑圧量 | -7.0dBW |
| | 送信給電線損失 | 0.0dB |
| | 送信空中線利得 | 3.0dB |
| | 送信EIRP | -3.99dBW |
| ① | 与干渉量 | 26.01dBm |
| ② | 被干渉許容値 | -57.0dBm |
| ③ | 所要結合損 ①-② | 83.01dB |
| | 受信局仕様 | |
| | 受信給電線損失 | 0.0dB |
| | 受信空中線利得 | 2.0dB |
| ④ | 調査モデル結合量 | 2.0dB |
| ⑤ | 所要改善量 ③+④ | 85.01dB |
| ⑥ | 所要離隔距離 | |
| | 自由空間 | 1.06km |
| | 奥村-素モデル | 近似式の条件: 通信距離: 1km~20km, 無人機高度: 30m~200m, 受信局高度: 1m~10m |
| | 無人機高度 | 受信局高度 【開放地】 【郊外】 【中小都市】 【大都市】 <400MHz >400MHz |
| 150m | 10m | 5.01km 1.34km 0.73km 0.41km 0.35km |
| | 9m | 4.25km 1.14km 0.62km 0.38km 0.34km |
| | 8m | 3.62km 0.97km 0.53km 0.36km 0.32km |
| | 7m | 3.07km 0.82km 0.45km 0.33km 0.31km |
| | 6m | 2.61km 0.70km 0.38km 0.30km 0.29km |
| | 5m | 2.22km 0.59km 0.32km 0.28km 0.27km |
| | 4m | 1.89km 0.51km 0.28km 0.25km 0.25km |
| | 3m | 1.61km 0.43km 0.23km 0.22km 0.23km |
| | 2m | 1.36km 0.37km 0.20km 0.20km 0.20km |
| | 1m | 1.16km 0.31km 0.17km 0.17km 0.17km |

3-3 デジタル簡易無線(4 値 FSK)

無人機→デジタル簡易(4値FSK)への与干渉

【同一波干渉】



無人機→デジタル簡易(4値FSK)への与干渉

【隣接波干渉】



| No. | 項目 | 内容 |
|------|-------------|--|
| | 周波数 | 400MHz |
| | 無人機 送信仕様 | |
| | 送信空中線電力 | 0.2W |
| | 隣接チャネル漏洩抑圧量 | -7.0dB |
| | 送信給電線損失 | 0.0dB |
| | 送信空中線利得 | 3.0dB |
| | 送信EIRP | -3.99dBW |
| ① | 与干渉量 | 26.01dBm |
| ② | 被干渉許容値 | -124.3dBm |
| ③ | 所要結合損 ①-② | 150.31dB |
| | 受信局仕様 | |
| | 受信給電線損失 | 0.0dB |
| | 受信空中線利得 | 2.0dB |
| ④ | 調査モデル結合量 | 2.0dB |
| ⑤ | 所要改善量 ③+④ | 152.31dB |
| ⑥ | 所要離隔距離 | |
| | 自由空間 | 2.462.44km |
| | 奥村-素モデル | 近似式の条件: 通信距離: 1km~20km, 無人機高度: 30m~200m, 受信局高度: 1m~10m |
| | 無人機高度 | 受信局高度 【開放地】 【郊外】 【中小都市】 【大都市】 <400MHz >400MHz |
| 150m | 10m | 786.05km 210.42km 114.78km 64.01km 55.71km |
| | 9m | 668.18km 178.87km 97.57km 59.90km 53.25km |
| | 8m | 567.99km 152.05km 82.94km 55.78km 50.70km |
| | 7m | 482.82km 129.25km 70.50km 51.66km 48.02km |
| | 6m | 410.42km 109.87km 59.93km 47.53km 45.20km |
| | 5m | 348.88km 93.39km 50.94km 43.38km 42.19km |
| | 4m | 296.57km 79.39km 43.30km 39.21km 38.94km |
| | 3m | 252.10km 67.49km 36.81km 35.01km 35.35km |
| | 2m | 214.29km 57.37km 31.29km 30.85km 31.24km |
| | 1m | 182.16km 48.76km 26.60km 27.18km 26.18km |

| No. | 項目 | 内容 |
|------|-------------|--|
| | 周波数 | 400MHz |
| | 無人機 送信仕様 | |
| | 送信空中線電力 | 0.2W |
| | 隣接チャネル漏洩抑圧量 | -7.0dB |
| | 送信給電線損失 | 0.0dB |
| | 送信空中線利得 | 3.0dB |
| | 送信EIRP | -65.39dBW |
| ① | 与干渉量 | -35.39dBm |
| ② | 被干渉許容値 | -124.3dBm |
| ③ | 所要結合損 ①-② | 88.91dB |
| | 受信局仕様 | |
| | 受信給電線損失 | 0.0dB |
| | 受信空中線利得 | 2.0dB |
| ④ | 調査モデル結合量 | 2.0dB |
| ⑤ | 所要改善量 ③+④ | 90.91dB |
| ⑥ | 所要離隔距離 | |
| | 自由空間 | 2.10km |
| | 奥村-素モデル | 近似式の条件: 通信距離: 1km~20km, 無人機高度: 30m~200m, 受信局高度: 1m~10m |
| | 無人機高度 | 受信局高度 【開放地】 【郊外】 【中小都市】 【大都市】 <400MHz >400MHz |
| 150m | 10m | 7.80km 2.09km 1.14km 0.64km 0.55km |
| | 9m | 6.63km 1.77km 0.97km 0.59km 0.53km |
| | 8m | 5.64km 1.51km 0.82km 0.55km 0.50km |
| | 7m | 4.79km 1.28km 0.70km 0.51km 0.48km |
| | 6m | 4.07km 1.09km 0.59km 0.47km 0.45km |
| | 5m | 3.46km 0.93km 0.51km 0.43km 0.42km |
| | 4m | 2.94km 0.79km 0.43km 0.39km 0.39km |
| | 3m | 2.50km 0.67km 0.37km 0.35km 0.35km |
| | 2m | 2.13km 0.57km 0.31km 0.31km 0.31km |
| | 1m | 1.81km 0.48km 0.26km 0.27km 0.26km |

無人機→デジタル簡易(4値FSK)への与干渉

【帯域外干渉】



| No. | 項目 | 内容 |
|------|-------------|--|
| | 周波数 | 400MHz |
| | 無人機 送信仕様 | |
| | 送信空中線電力 | 0.2W |
| | 隣接チャネル漏洩抑圧量 | -7.0dB |
| | 送信給電線損失 | 0.0dB |
| | 送信空中線利得 | 3.0dB |
| | 送信EIRP | -3.99dBW |
| ① | 与干渉量 | 26.01dBm |
| ② | 被干渉許容値 | -57.0dBm |
| ③ | 所要結合損 ①-② | 83.01dB |
| | 受信局仕様 | |
| | 受信給電線損失 | 0.0dB |
| | 受信空中線利得 | 2.0dB |
| ④ | 調査モデル結合量 | 2.0dB |
| ⑤ | 所要改善量 ③+④ | 85.01dB |
| ⑥ | 所要離隔距離 | |
| | 自由空間 | 1.06km |
| | 奥村-素モデル | 近似式の条件: 通信距離: 1km~20km, 無人機高度: 30m~200m, 受信局高度: 1m~10m |
| | 無人機高度 | 受信局高度 【開放地】 【郊外】 【中小都市】 【大都市】 <400MHz >400MHz |
| 150m | 10m | 5.01km 1.34km 0.73km 0.41km 0.35km |
| | 9m | 4.25km 1.14km 0.62km 0.38km 0.34km |
| | 8m | 3.62km 0.97km 0.53km 0.36km 0.32km |
| | 7m | 3.07km 0.82km 0.45km 0.33km 0.31km |
| | 6m | 2.61km 0.70km 0.38km 0.30km 0.29km |
| | 5m | 2.22km 0.59km 0.32km 0.28km 0.27km |
| | 4m | 1.89km 0.51km 0.28km 0.25km 0.25km |
| | 3m | 1.61km 0.43km 0.23km 0.22km 0.23km |
| | 2m | 1.36km 0.37km 0.20km 0.20km 0.20km |
| | 1m | 1.16km 0.31km 0.17km 0.17km 0.17km |

4 地域振興用無線

無人機-地域振興用無線への与干渉

【同一波干渉】



無人機-地域振興用無線への与干渉

【隣接波干渉】



| No. | 項目 | 内容 |
|------|-------------|--|
| | 周波数 | 400MHz |
| | 無人機 送信仕様 | |
| | 送信空中線電力 | 0.2W |
| | 隣接チャネル漏洩抑圧量 | -7.0dB |
| | 送信給電線損失 | 0.0dB |
| | 送信空中線利得 | 3.0dB |
| | 送信EIRP | -3.99dBW |
| ① | 与干渉量 | 26.01dBm |
| ② | 被干渉許容値 | -116.0dBm |
| ③ | 所要結合損 ①-② | 142.01dB |
| | 受信局仕様 | |
| | 受信給電線損失 | 0.0dB |
| | 受信空中線利得 | 2.0dB |
| ④ | 調査モデル結合量 | 2.0dB |
| ⑤ | 所要改善量 ③+④ | 144.01dB |
| ⑥ | 所要離隔距離 | |
| | 自由空間 | 947.04km |
| | 奥村-素モデル | 近似式の条件: 通信距離: 1km~20km, 無人機高度: 30m~200m, 受信局高度: 1m~10m |
| | 無人機高度 | 受信局高度 【開放地】 【郊外】 【中小都市】 【大都市】 <400MHz >400MHz |
| 150m | 10m | 421.33km 112.79km 61.52km 34.31km 29.86km |
| | 9m | 358.15km 95.88km 52.30km 32.10km 28.54km |
| | 8m | 304.45km 81.50km 44.45km 29.90km 27.17km |
| | 7m | 258.80km 69.28km 37.79km 27.69km 25.74km |
| | 6m | 219.99km 58.89km 32.12km 25.48km 24.23km |
| | 5m | 187.00km 50.06km 27.31km 23.25km 22.62km |
| | 4m | 158.96km 42.55km 23.21km 21.02km 20.87km |
| | 3m | 135.13km 36.17km 19.73km 18.77km 18.95km |
| | 2m | 114.86km 30.75km 16.77km 16.54km 16.75km |
| | 1m | 97.64km 26.14km 14.26km 14.57km 14.03km |

| No. | 項目 | 内容 |
|------|-------------|--|
| | 周波数 | 400MHz |
| | 無人機 送信仕様 | |
| | 送信空中線電力 | 0.2W |
| | 隣接チャネル漏洩抑圧量 | -7.0dB |
| | 送信給電線損失 | 0.0dB |
| | 送信空中線利得 | 3.0dB |
| | 送信EIRP | -63.73dBW |
| ① | 与干渉量 | -33.73dBm |
| ② | 被干渉許容値 | -116.0dBm |
| ③ | 所要結合損 ①-② | 82.27dB |
| | 受信局仕様 | |
| | 受信給電線損失 | 0.0dB |
| | 受信空中線利得 | 2.0dB |
| ④ | 調査モデル結合量 | 2.0dB |
| ⑤ | 所要改善量 ③+④ | 84.27dB |
| ⑥ | 所要離隔距離 | |
| | 自由空間 | 0.98km |
| | 奥村-素モデル | 近似式の条件: 通信距離: 1km~20km, 無人機高度: 30m~200m, 受信局高度: 1m~10m |
| | 無人機高度 | 受信局高度 【開放地】 【郊外】 【中小都市】 【大都市】 <400MHz >400MHz |
| 150m | 10m | 4.74km 1.27km 0.69km 0.39km 0.34km |
| | 9m | 4.03km 1.08km 0.59km 0.36km 0.32km |
| | 8m | 3.42km 0.92km 0.50km 0.34km 0.31km |
| | 7m | 2.91km 0.78km 0.42km 0.31km 0.29km |
| | 6m | 2.47km 0.66km 0.36km 0.29km 0.27km |
| | 5m | 2.10km 0.56km 0.31km 0.26km 0.25km |
| | 4m | 1.79km 0.48km 0.26km 0.24km 0.23km |
| | 3m | 1.52km 0.41km 0.22km 0.21km 0.21km |
| | 2m | 1.29km 0.35km 0.19km 0.19km 0.19km |
| | 1m | 1.10km 0.29km 0.16km 0.16km 0.16km |

無人機-地域振興用無線への与干渉

【帯域外干渉】



| No. | 項目 | 内容 |
|------|-------------|--|
| | 周波数 | 400MHz |
| | 無人機 送信仕様 | |
| | 送信空中線電力 | 0.2W |
| | 隣接チャネル漏洩抑圧量 | -7.0dB |
| | 送信給電線損失 | 0.0dB |
| | 送信空中線利得 | 3.0dB |
| | 送信EIRP | -3.99dBW |
| ① | 与干渉量 | 26.01dBm |
| ② | 被干渉許容値 | -44.0dBm |
| ③ | 所要結合損 ①-② | 70.01dB |
| | 受信局仕様 | |
| | 受信給電線損失 | 0.0dB |
| | 受信空中線利得 | 2.0dB |
| ④ | 調査モデル結合量 | 2.0dB |
| ⑤ | 所要改善量 ③+④ | 72.01dB |
| ⑥ | 所要離隔距離 | |
| | 自由空間 | 0.24km |
| | 奥村-素モデル | 近似式の条件: 通信距離: 1km~20km, 無人機高度: 30m~200m, 受信局高度: 1m~10m |
| | 無人機高度 | 受信局高度 【開放地】 【郊外】 【中小都市】 【大都市】 <400MHz >400MHz |
| 150m | 10m | 1.88km 0.50km 0.28km 0.15km 0.13km |
| | 9m | 1.60km 0.43km 0.23km 0.14km 0.13km |
| | 8m | 1.36km 0.36km 0.20km 0.13km 0.12km |
| | 7m | 1.16km 0.31km 0.17km 0.12km 0.12km |
| | 6m | 0.98km 0.26km 0.14km 0.11km 0.11km |
| | 5m | 0.84km 0.22km 0.12km 0.10km 0.10km |
| | 4m | 0.71km 0.19km 0.10km 0.09km 0.09km |
| | 3m | 0.60km 0.16km 0.09km 0.08km 0.08km |
| | 2m | 0.51km 0.14km 0.08km 0.07km 0.07km |
| | 1m | 0.44km 0.12km 0.06km 0.07km 0.06km |

5 コードレスホン

無人機-コードレスホンへの与干渉

【同一波干渉】



無人機-コードレスホンへの与干渉

【隣接波干渉】



| No. | 項目 | 内容 |
|------|-------------|--|
| | 周波数 | 400MHz |
| | 無人機 送信仕様 | |
| | 送信空中線電力 | 0.2W |
| | 隣接チャネル漏洩抑圧量 | -7.0dB |
| | 送信給電線損失 | 0.0dB |
| | 送信空中線利得 | 3.0dB |
| | 送信EIRP | -3.99dBW |
| ① | 与干渉量 | 26.01dBm |
| ② | 被干渉許容値 | -116.0dBm |
| ③ | 所要結合損 ①-② | 142.01dB |
| | 受信局仕様 | |
| | 受信給電線損失 | 0.0dB |
| | 受信空中線利得 | 2.0dB |
| ④ | 調査モデル結合量 | 2.0dB |
| ⑤ | 所要改善量 ③+④ | 144.01dB |
| ⑥ | 所要離隔距離 | 947.04km |
| | 自由空間 | |
| | 奥村-素モデル | 近似式の条件: 通信距離: 1km~20km, 無人機高度: 30m~200m, 受信局高度: 1m~10m |
| | 無人機高度 | 受信局高度 【開放地】 【郊外】 【中小都市】 【大都市】 <400MHz >400MHz |
| 150m | 10m | 421.33km 112.79km 61.52km 34.31km 29.86km |
| | 9m | 358.15km 95.88km 52.30km 32.10km 28.54km |
| | 8m | 304.45km 81.50km 44.45km 29.90km 27.17km |
| | 7m | 258.80km 69.28km 37.79km 27.69km 25.74km |
| | 6m | 219.99km 58.89km 32.12km 25.48km 24.23km |
| | 5m | 187.00km 50.06km 27.31km 23.25km 22.62km |
| | 4m | 158.98km 42.55km 23.21km 21.02km 20.87km |
| | 3m | 135.13km 36.17km 19.73km 18.77km 18.95km |
| | 2m | 114.88km 30.75km 16.77km 16.54km 16.75km |
| | 1m | 97.64km 26.14km 14.26km 14.57km 14.03km |

| No. | 項目 | 内容 |
|------|-------------|--|
| | 周波数 | 400MHz |
| | 無人機 送信仕様 | |
| | 送信空中線電力 | 0.2W |
| | 隣接チャネル漏洩抑圧量 | -7.0dB |
| | 送信給電線損失 | 0.0dB |
| | 送信空中線利得 | 3.0dB |
| | 送信EIRP | -63.73dBW |
| ① | 与干渉量 | -33.73dBm |
| ② | 被干渉許容値 | -116.0dBm |
| ③ | 所要結合損 ①-② | 82.27dB |
| | 受信局仕様 | |
| | 受信給電線損失 | 0.0dB |
| | 受信空中線利得 | 2.0dB |
| ④ | 調査モデル結合量 | 2.0dB |
| ⑤ | 所要改善量 ③+④ | 84.27dB |
| ⑥ | 所要離隔距離 | 0.98km |
| | 自由空間 | |
| | 奥村-素モデル | 近似式の条件: 通信距離: 1km~20km, 無人機高度: 30m~200m, 受信局高度: 1m~10m |
| | 無人機高度 | 受信局高度 【開放地】 【郊外】 【中小都市】 【大都市】 <400MHz >400MHz |
| 150m | 10m | 4.74km 1.27km 0.69km 0.39km 0.34km |
| | 9m | 4.03km 1.08km 0.59km 0.36km 0.32km |
| | 8m | 3.42km 0.92km 0.50km 0.34km 0.31km |
| | 7m | 2.91km 0.78km 0.42km 0.31km 0.29km |
| | 6m | 2.47km 0.66km 0.36km 0.29km 0.27km |
| | 5m | 2.10km 0.56km 0.31km 0.26km 0.25km |
| | 4m | 1.79km 0.48km 0.26km 0.24km 0.23km |
| | 3m | 1.52km 0.41km 0.22km 0.21km 0.21km |
| | 2m | 1.29km 0.35km 0.19km 0.19km 0.19km |
| | 1m | 1.10km 0.29km 0.16km 0.16km 0.16km |

無人機-コードレスホンへの与干渉

【帯域外干渉】



| No. | 項目 | 内容 |
|------|-------------|--|
| | 周波数 | 400MHz |
| | 無人機 送信仕様 | |
| | 送信空中線電力 | 0.2W |
| | 隣接チャネル漏洩抑圧量 | -7.0dB |
| | 送信給電線損失 | 0.0dB |
| | 送信空中線利得 | 3.0dB |
| | 送信EIRP | -3.99dBW |
| ① | 与干渉量 | 26.01dBm |
| ② | 被干渉許容値 | -54.0dBm |
| ③ | 所要結合損 ①-② | 80.01dB |
| | 受信局仕様 | |
| | 受信給電線損失 | 0.0dB |
| | 受信空中線利得 | 2.0dB |
| ④ | 調査モデル結合量 | 2.0dB |
| ⑤ | 所要改善量 ③+④ | 82.01dB |
| ⑥ | 所要離隔距離 | 0.75km |
| | 自由空間 | |
| | 奥村-素モデル | 近似式の条件: 通信距離: 1km~20km, 無人機高度: 30m~200m, 受信局高度: 1m~10m |
| | 無人機高度 | 受信局高度 【開放地】 【郊外】 【中小都市】 【大都市】 <400MHz >400MHz |
| 150m | 10m | 4.00km 1.07km 0.58km 0.33km 0.28km |
| | 9m | 3.40km 0.91km 0.50km 0.30km 0.27km |
| | 8m | 2.89km 0.77km 0.42km 0.28km 0.26km |
| | 7m | 2.45km 0.66km 0.36km 0.26km 0.24km |
| | 6m | 2.09km 0.56km 0.30km 0.24km 0.23km |
| | 5m | 1.77km 0.47km 0.26km 0.22km 0.21km |
| | 4m | 1.51km 0.40km 0.22km 0.20km 0.20km |
| | 3m | 1.28km 0.34km 0.19km 0.18km 0.18km |
| | 2m | 1.09km 0.29km 0.16km 0.16km 0.16km |
| | 1m | 0.93km 0.25km 0.14km 0.14km 0.13km |

8 体内植込型医療用データ伝送用 MICS

無人機一体内植込型医療用データ伝送装置【MICS】への与干渉

【同一波干渉】



無人機一体内植込型医療用データ伝送装置【MICS】への与干渉

【隣接波干渉】



| No. | 項目 | 内容 | | | | |
|------|--|-----------------|--------|--------|------------------|------------------|
| | 周波数 | 400MHz | | | | |
| | 無人機 送信仕様 | | | | | |
| | 送信空中線電力 | 0.2W -7.0dBW | | | | |
| | 隣接チャネル漏洩抑圧量 | | | | | |
| | 送信給電線損失 | 0.0dB | | | | |
| | 送信空中線利得 | 3.0dB | | | | |
| | 送信EIRP | -3.99dBW | | | | |
| ① | 与干渉量 | 26.01dBm | | | | |
| ② | 被干渉許容値 | -77.6dBm | | | | |
| ③ | 所要結合損 ①-② | 103.61dB | | | | |
| | 受信局仕様 | | | | | |
| | 受信給電線損失 | 0.0dB | | | | |
| | 受信空中線利得 | 0.0dB | | | | |
| ④ | 調査モデル結合量 | .dB | | | | |
| ⑤ | 所要改善量 ③+④ | 103.61dB | | | | |
| ⑥ | 所要離隔距離 | 9.04km | | | | |
| | 自由空間 | | | | | |
| | 奥村 - 秦モデル | | | | | |
| | 近似式の条件: 送信距離: 1km~20km, 無人機高度: 30m~200m, 受信局高度: 1m~10m | | | | | |
| | 無人機高度 | 受信局高度 | | | | |
| | | 【開放地】 | 【郊外】 | 【中小都市】 | 【大都市】 <400MHz | 【大都市】 >400MHz |
| 150m | 10m | 20.25km | 5.42km | 2.96km | 1.65km | 1.43km |
| | 9m | 17.21km | 4.61km | 2.51km | 1.54km | 1.37km |
| | 8m | 14.63km | 3.92km | 2.14km | 1.44km | 1.31km |
| | 7m | 12.44km | 3.33km | 1.82km | 1.33km | 1.24km |
| | 6m | 10.57km | 2.83km | 1.54km | 1.22km | 1.16km |
| | 5m | 8.99km | 2.41km | 1.31km | 1.12km | 1.09km |
| | 4m | 7.64km | 2.04km | 1.12km | 1.01km | 1.00km |
| | 3m | 6.49km | 1.74km | 0.95km | 0.90km | 0.91km |
| | 2m | 5.52km | 1.48km | 0.81km | 0.79km | 0.80km |
| | 1m | 4.69km | 1.26km | 0.69km | 0.70km | 0.67km |

| No. | 項目 | 内容 | | | | |
|------|--|---|--------|--------|------------------|------------------|
| | 周波数 | 400MHz | | | | |
| | 無人機 送信仕様 | | | | | |
| | 送信空中線電力 | 0.2W -7.0dBW | | | | |
| | 隣接チャネル漏洩抑圧量 | -60.0dB 受信帯域幅 = 300.kHz 帯域換算値 = 15.74dB | | | | |
| | 送信給電線損失 | 0.0dB | | | | |
| | 送信空中線利得 | 3.0dB | | | | |
| | 送信EIRP | -48.25dBW | | | | |
| ① | 与干渉量 | -18.25dBm | | | | |
| ② | 被干渉許容値 | -77.6dBm | | | | |
| ③ | 所要結合損 ①-② | 59.35dB | | | | |
| | 受信局仕様 | | | | | |
| | 受信給電線損失 | 0.0dB | | | | |
| | 受信空中線利得 | 0.0dB | | | | |
| ④ | 調査モデル結合量 | .dB | | | | |
| ⑤ | 所要改善量 ③+④ | 59.35dB | | | | |
| ⑥ | 所要離隔距離 | 0.06km | | | | |
| | 自由空間 | | | | | |
| | 奥村 - 秦モデル | | | | | |
| | 近似式の条件: 送信距離: 1km~20km, 無人機高度: 30m~200m, 受信局高度: 1m~10m | | | | | |
| | 無人機高度 | 受信局高度 | | | | |
| | | 【開放地】 | 【郊外】 | 【中小都市】 | 【大都市】 <400MHz | 【大都市】 >400MHz |
| 150m | 10m | 0.73km | 0.19km | 0.11km | 0.06km | 0.05km |
| | 9m | 0.62km | 0.17km | 0.09km | 0.06km | 0.05km |
| | 8m | 0.53km | 0.14km | 0.08km | 0.05km | 0.05km |
| | 7m | 0.45km | 0.12km | 0.07km | 0.05km | 0.04km |
| | 6m | 0.38km | 0.10km | 0.06km | 0.04km | 0.04km |
| | 5m | 0.32km | 0.09km | 0.05km | 0.04km | 0.04km |
| | 4m | 0.27km | 0.07km | 0.04km | 0.04km | 0.04km |
| | 3m | 0.23km | 0.06km | 0.03km | 0.03km | 0.03km |
| | 2m | 0.20km | 0.05km | 0.03km | 0.03km | 0.03km |
| | 1m | 0.17km | 0.05km | 0.02km | 0.03km | 0.02km |

10 体内植込型医療用データ伝送用 MITS

無人機一体内植込型医療用データ伝送装置【MITS】への与干渉

【同一波干渉】



無人機一体内植込型医療用データ伝送装置【MITS】への与干渉

【隣接波干渉】



| No. | 項目 | 内容 | | | | |
|------|-------------|--|--------|--------|---------------|---------------|
| | 周波数 | 400MHz | | | | |
| | 無人機 送信仕様 | | | | | |
| | 送信空中線電力 | 0.2W | | | | |
| | 隣接チャネル漏洩抑圧量 | -7.0dB | | | | |
| | 送信給電線損失 | 0.0dB | | | | |
| | 送信空中線利得 | 3.0dB | | | | |
| | 送信EIRP | -3.99dBW | | | | |
| ① | 与干渉量 | 26.01dBm | | | | |
| ② | 被干渉許容値 | -77.6dBm | | | | |
| ③ | 所要結合損 ①-② | 103.61dB | | | | |
| | 受信局仕様 | | | | | |
| | 受信給電線損失 | 0.0dB | | | | |
| | 受信空中線利得 | 0.0dB | | | | |
| ④ | 調査モデル結合量 | .dB | | | | |
| ⑤ | 所要改善量 ③+④ | 103.61dB | | | | |
| ⑥ | 所要離隔距離 | | | | | |
| | 自由空間 | 9.04km | | | | |
| | 奥村 - 黍モデル | 近似式の条件: 送信距離: 1km~20km, 無人機高度: 30m~200m, 受信局高度: 1m~10m | | | | |
| | 無人機高度 | 受信局高度 | | | | |
| | | 【開放地】 | 【郊外】 | 【中小都市】 | 【大都市】 <400MHz | 【大都市】 >400MHz |
| 150m | 10m | 20.25km | 5.42km | 2.96km | 1.65km | 1.43km |
| | 9m | 17.21km | 4.61km | 2.51km | 1.54km | 1.37km |
| | 8m | 14.63km | 3.92km | 2.14km | 1.44km | 1.31km |
| | 7m | 12.44km | 3.33km | 1.82km | 1.33km | 1.24km |
| | 6m | 10.57km | 2.83km | 1.54km | 1.22km | 1.16km |
| | 5m | 8.99km | 2.41km | 1.31km | 1.12km | 1.09km |
| | 4m | 7.64km | 2.04km | 1.12km | 1.01km | 1.00km |
| | 3m | 6.49km | 1.74km | 0.95km | 0.90km | 0.91km |
| | 2m | 5.52km | 1.48km | 0.81km | 0.79km | 0.80km |
| | 1m | 4.69km | 1.26km | 0.69km | 0.70km | 0.67km |

| No. | 項目 | 内容 | | | | |
|------|-------------|--|--------|--------|---------------|---------------|
| | 周波数 | 400MHz | | | | |
| | 無人機 送信仕様 | | | | | |
| | 送信空中線電力 | 0.2W | | | | |
| | 隣接チャネル漏洩抑圧量 | -7.0dB | | | | |
| | 送信給電線損失 | 0.0dB | | | | |
| | 送信空中線利得 | 3.0dB | | | | |
| | 送信EIRP | -48.25dBW | | | | |
| ① | 与干渉量 | -18.25dBm | | | | |
| ② | 被干渉許容値 | -77.6dBm | | | | |
| ③ | 所要結合損 ①-② | 59.35dB | | | | |
| | 受信局仕様 | | | | | |
| | 受信給電線損失 | 0.0dB | | | | |
| | 受信空中線利得 | 0.0dB | | | | |
| ④ | 調査モデル結合量 | .dB | | | | |
| ⑤ | 所要改善量 ③+④ | 59.35dB | | | | |
| ⑥ | 所要離隔距離 | | | | | |
| | 自由空間 | 0.06km | | | | |
| | 奥村 - 黍モデル | 近似式の条件: 送信距離: 1km~20km, 無人機高度: 30m~200m, 受信局高度: 1m~10m | | | | |
| | 無人機高度 | 受信局高度 | | | | |
| | | 【開放地】 | 【郊外】 | 【中小都市】 | 【大都市】 <400MHz | 【大都市】 >400MHz |
| 150m | 10m | 0.73km | 0.19km | 0.11km | 0.06km | 0.05km |
| | 9m | 0.62km | 0.17km | 0.09km | 0.06km | 0.05km |
| | 8m | 0.53km | 0.14km | 0.08km | 0.05km | 0.05km |
| | 7m | 0.45km | 0.12km | 0.07km | 0.05km | 0.04km |
| | 6m | 0.38km | 0.10km | 0.06km | 0.04km | 0.04km |
| | 5m | 0.32km | 0.09km | 0.05km | 0.04km | 0.04km |
| | 4m | 0.27km | 0.07km | 0.04km | 0.04km | 0.04km |
| | 3m | 0.23km | 0.06km | 0.03km | 0.03km | 0.03km |
| | 2m | 0.20km | 0.05km | 0.03km | 0.03km | 0.03km |
| | 1m | 0.17km | 0.05km | 0.02km | 0.03km | 0.02km |

11 ラジオゾンデ

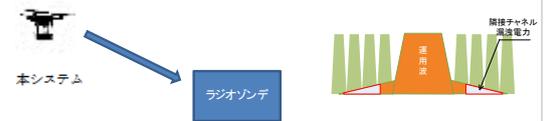
無人機-ラジオゾンデへの与干渉

【同一波干渉】



無人機-ラジオゾンデへの与干渉

【隣接波干渉】



| No. | 項目 | 内容 |
|------|--|---|
| | 周波数 | 400MHz |
| | 無人機 送信仕様 | |
| | 送信空中線電力 | 0.2W |
| | 隣接チャネル漏洩抑圧量 | -7.0dB |
| | 送信給電線損失 | 0.0dB |
| | 送信空中線利得 | 3.0dB |
| | 送信EIRP | -3.99dBW |
| ① | 与干渉量 | 26.01dBm |
| ② | 被干渉許容値 | -122.0dBm |
| ③ | 所要結合損 ①-② | 148.01dB |
| | 受信局仕様 | |
| | 受信給電線損失 | 1.0dB |
| | 受信空中線利得 | 11.5dB |
| ④ | 調査モデル結合量 | 10.5dB |
| ⑤ | 所要改善量 ③+④ | 158.51dB |
| ⑥ | 所要離隔距離 | 5.027.67km |
| | 自由空間 | |
| | 奥村-黍モデル | |
| | 近似式の条件: 通信距離: 1km~20km, 無人機高度: 30m~200m, 受信局高度: 1m~10m | |
| | 無人機高度 | 受信局高度 【開放地】 【郊外】 【中小都市】 【大都市】 <400MHz >400MHz |
| 150m | 10m | 1.252.44km 335.28km 182.88km 101.98km 88.76km |
| | 9m | 1.064.64km 285.00km 155.45km 95.43km 84.85km |
| | 8m | 905.00km 242.27km 132.14km 88.88km 80.78km |
| | 7m | 769.29km 205.94km 112.33km 82.32km 76.52km |
| | 6m | 653.94km 175.06km 95.49km 75.74km 72.02km |
| | 5m | 555.88km 148.81km 81.17km 69.13km 67.23km |
| | 4m | 472.53km 126.50km 69.00km 62.47km 62.05km |
| | 3m | 401.67km 107.53km 58.65km 55.79km 56.33km |
| | 2m | 341.44km 91.40km 49.86km 49.16km 49.78km |
| | 1m | 290.24km 77.70km 42.38km 43.31km 41.72km |

| No. | 項目 | 内容 |
|------|--|---|
| | 周波数 | 400MHz |
| | 無人機 送信仕様 | |
| | 送信空中線電力 | 0.2W |
| | 隣接チャネル漏洩抑圧量 | -7.0dB |
| | 送信給電線損失 | 0.0dB |
| | 送信空中線利得 | 3.0dB |
| | 送信EIRP | -55.24dBW |
| ① | 与干渉量 | -25.24dBm |
| ② | 被干渉許容値 | -122.0dBm |
| ③ | 所要結合損 ①-② | 96.76dB |
| | 受信局仕様 | |
| | 受信給電線損失 | 1.0dB |
| | 受信空中線利得 | 11.5dB |
| ④ | 調査モデル結合量 | 10.5dB |
| ⑤ | 所要改善量 ③+④ | 107.26dB |
| ⑥ | 所要離隔距離 | 13.77km |
| | 自由空間 | |
| | 奥村-黍モデル | |
| | 近似式の条件: 通信距離: 1km~20km, 無人機高度: 30m~200m, 受信局高度: 1m~10m | |
| | 無人機高度 | 受信局高度 【開放地】 【郊外】 【中小都市】 【大都市】 <400MHz >400MHz |
| 150m | 10m | 26.64km 7.13km 3.89km 2.17km 1.89km |
| | 9m | 22.64km 6.06km 3.31km 2.03km 1.80km |
| | 8m | 19.25km 5.15km 2.81km 1.89km 1.72km |
| | 7m | 16.36km 4.38km 2.39km 1.75km 1.63km |
| | 6m | 13.91km 3.72km 2.03km 1.61km 1.53km |
| | 5m | 11.82km 3.16km 1.73km 1.47km 1.43km |
| | 4m | 10.05km 2.69km 1.47km 1.33km 1.32km |
| | 3m | 8.54km 2.29km 1.25km 1.19km 1.20km |
| | 2m | 7.26km 1.94km 1.06km 1.05km 1.06km |
| | 1m | 6.17km 1.65km 0.90km 0.92km 0.89km |

12 気象用ラジオ・ロボット

無人機-気象用ラジオ・ロボットへの与干渉

【同一波干渉】



無人機-気象用ラジオ・ロボットへの与干渉

【隣接波干渉】



| No. | 項目 | 内容 |
|------|--|---|
| | 周波数 | 400MHz |
| | 無人機 送信仕様 | |
| | 送信空中線電力 | 0.2W |
| | 隣接チャネル漏洩抑圧量 | -7.0dB |
| | 送信給電線損失 | 0.0dB |
| | 送信空中線利得 | 3.0dB |
| | 送信EIRP | -3.99dBW |
| ① | 与干渉量 | 26.01dBm |
| ② | 被干渉許容値 | -89.4dBm |
| ③ | 所要結合損 ①-② | 115.41dB |
| | 受信局仕様 | |
| | 受信給電線損失 | 0.0dB |
| | 受信空中線利得 | 0.0dB |
| ④ | 調査モデル結合量 | .dB |
| ⑤ | 所要改善量 ③+④ | 115.41dB |
| ⑥ | 所要離隔距離 | 35.19km |
| | 自由空間 | |
| | 奥村-黍モデル | |
| | 近似式の条件: 通信距離: 1km~20km, 無人機高度: 30m~200m, 受信局高度: 1m~10m | |
| | 無人機高度 | 受信局高度 【開放地】 【郊外】 【中小都市】 【大都市】 <400MHz >400MHz |
| 150m | 10m | 49.14km 13.15km 7.17km 4.00km 3.48km |
| | 9m | 41.77km 11.18km 6.10km 3.74km 3.33km |
| | 8m | 35.51km 9.50km 5.18km 3.49km 3.17km |
| | 7m | 30.18km 8.08km 4.41km 3.23km 3.00km |
| | 6m | 25.66km 6.87km 3.75km 2.97km 2.83km |
| | 5m | 21.81km 5.84km 3.18km 2.71km 2.64km |
| | 4m | 18.54km 4.96km 2.71km 2.45km 2.43km |
| | 3m | 15.76km 4.22km 2.30km 2.19km 2.21km |
| | 2m | 13.40km 3.59km 1.96km 1.93km 1.95km |
| | 1m | 11.39km 3.05km 1.66km 1.70km 1.64km |

| No. | 項目 | 内容 |
|------|--|---|
| | 周波数 | 400MHz |
| | 無人機 送信仕様 | |
| | 送信空中線電力 | 0.2W |
| | 隣接チャネル漏洩抑圧量 | -7.0dB |
| | 送信給電線損失 | 0.0dB |
| | 送信空中線利得 | 3.0dB |
| | 送信EIRP | -63.73dBW |
| ① | 与干渉量 | -33.73dBm |
| ② | 被干渉許容値 | -89.4dBm |
| ③ | 所要結合損 ①-② | 55.67dB |
| | 受信局仕様 | |
| | 受信給電線損失 | 0.0dB |
| | 受信空中線利得 | 0.0dB |
| ④ | 調査モデル結合量 | .dB |
| ⑤ | 所要改善量 ③+④ | 55.67dB |
| ⑥ | 所要離隔距離 | 0.04km |
| | 自由空間 | |
| | 奥村-黍モデル | |
| | 近似式の条件: 通信距離: 1km~20km, 無人機高度: 30m~200m, 受信局高度: 1m~10m | |
| | 無人機高度 | 受信局高度 【開放地】 【郊外】 【中小都市】 【大都市】 <400MHz >400MHz |
| 150m | 10m | 0.55km 0.15km 0.08km 0.04km 0.04km |
| | 9m | 0.47km 0.13km 0.07km 0.04km 0.04km |
| | 8m | 0.40km 0.11km 0.06km 0.04km 0.04km |
| | 7m | 0.34km 0.09km 0.05km 0.04km 0.03km |
| | 6m | 0.29km 0.08km 0.04km 0.03km 0.03km |
| | 5m | 0.25km 0.07km 0.04km 0.03km 0.03km |
| | 4m | 0.21km 0.06km 0.03km 0.03km 0.03km |
| | 3m | 0.18km 0.05km 0.03km 0.02km 0.02km |
| | 2m | 0.15km 0.04km 0.02km 0.02km 0.02km |
| | 1m | 0.13km 0.03km 0.02km 0.02km 0.02km |

15-1 デジタル空港無線 TDMA 基地局

無人機→デジタル空港無線(基地局)への与干渉

【同一波干渉】



無人機→デジタル空港無線(基地局)への与干渉

【隣接波干渉】



| No. | 項目 | 内容 |
|------|-------------|--|
| | 周波数 | 400MHz |
| | 無人機 送信仕様 | |
| | 送信空中線電力 | 0.2W |
| | 隣接チャネル漏洩抑圧量 | -7.0dB |
| | 送信給電線損失 | 0.0dB |
| | 送信空中線利得 | 3dB |
| | 送信EIRP | -3.99dBW |
| ① | 与干渉量 | 26.01dBm |
| ② | 被干渉許容値 | -117.0dBm |
| ③ | 所要結合損 ①-② | 143.01dB |
| | 受信局仕様 | |
| | 受信給電線損失 | 0.0dB |
| | 受信空中線利得 | 11.0dB |
| ④ | 調査モデル結合量 | 11.0dB |
| ⑤ | 所要改善量 ③+④ | 154.01dB |
| ⑥ | 所要離隔距離 | |
| | 自由空間 | 2,994.79km |
| | 奥村-素モデル | 近似式の条件: 通信距離: 1km~20km, 無人機高度: 30m~200m, 受信局高度: 1m~10m |
| | 無人機高度 | 受信局高度 【開放地】 【郊外】 【中小都市】 【大都市】 <400MHz >400MHz |
| 150m | 10m | 893.14km 239.09km 130.41km 72.73km 63.30km |
| | 9m | 759.22km 203.24km 110.86km 68.06km 60.51km |
| | 8m | 645.37km 172.77km 94.24km 63.88km 57.61km |
| | 7m | 548.60km 146.86km 80.10km 58.70km 54.57km |
| | 6m | 466.34km 124.84km 68.09km 54.01km 51.36km |
| | 5m | 396.41km 106.12km 57.88km 49.30km 47.94km |
| | 4m | 336.97km 90.21km 49.20km 44.55km 44.25km |
| | 3m | 286.44km 76.68km 41.83km 39.79km 40.17km |
| | 2m | 243.49km 65.18km 35.55km 35.06km 35.50km |
| | 1m | 206.98km 55.41km 30.22km 30.88km 29.75km |

| No. | 項目 | 内容 |
|------|-------------|--|
| | 周波数 | 400MHz |
| | 無人機 送信仕様 | |
| | 送信空中線電力 | 0.2W |
| | 隣接チャネル漏洩抑圧量 | -7.0dB |
| | 送信給電線損失 | 0.0dB |
| | 送信空中線利得 | 3dB |
| | 送信EIRP | -59.16dBW |
| ① | 与干渉量 | -29.16dBm |
| ② | 被干渉許容値 | -117.0dBm |
| ③ | 所要結合損 ①-② | 87.84dB |
| | 受信局仕様 | |
| | 受信給電線損失 | 0.0dB |
| | 受信空中線利得 | 11.0dB |
| ④ | 調査モデル結合量 | 11.0dB |
| ⑤ | 所要改善量 ③+④ | 98.84dB |
| ⑥ | 所要離隔距離 | |
| | 自由空間 | 5.22km |
| | 奥村-素モデル | 近似式の条件: 通信距離: 1km~20km, 無人機高度: 30m~200m, 受信局高度: 1m~10m |
| | 無人機高度 | 受信局高度 【開放地】 【郊外】 【中小都市】 【大都市】 <400MHz >400MHz |
| 150m | 10m | 14.14km 3.79km 2.07km 1.15km 1.00km |
| | 9m | 12.02km 3.22km 1.76km 1.08km 0.96km |
| | 8m | 10.22km 2.74km 1.49km 1.00km 0.91km |
| | 7m | 8.69km 2.33km 1.27km 0.93km 0.86km |
| | 6m | 7.38km 1.98km 1.08km 0.86km 0.81km |
| | 5m | 6.28km 1.68km 0.92km 0.78km 0.76km |
| | 4m | 5.34km 1.43km 0.78km 0.71km 0.70km |
| | 3m | 4.54km 1.21km 0.66km 0.63km 0.64km |
| | 2m | 3.86km 1.03km 0.56km 0.56km 0.56km |
| | 1m | 3.28km 0.88km 0.48km 0.49km 0.47km |

無人機→デジタル空港無線(基地局)への与干渉

【帯域外干渉】



| No. | 項目 | 内容 |
|------|-------------|--|
| | 周波数 | 400MHz |
| | 無人機 送信仕様 | |
| | 送信空中線電力 | 0.2W |
| | 隣接チャネル漏洩抑圧量 | -7.0dB |
| | 送信給電線損失 | 0.0dB |
| | 送信空中線利得 | 3dB |
| | 送信EIRP | -3.99dBW |
| ① | 与干渉量 | 26.01dBm |
| ② | 被干渉許容値 | -51.0dBm |
| ③ | 所要結合損 ①-② | 77.01dB |
| | 受信局仕様 | |
| | 受信給電線損失 | 0.0dB |
| | 受信空中線利得 | 11.0dB |
| ④ | 調査モデル結合量 | 11.0dB |
| ⑤ | 所要改善量 ③+④ | 88.01dB |
| ⑥ | 所要離隔距離 | |
| | 自由空間 | 1.50km |
| | 奥村-素モデル | 近似式の条件: 通信距離: 1km~20km, 無人機高度: 30m~200m, 受信局高度: 1m~10m |
| | 無人機高度 | 受信局高度 【開放地】 【郊外】 【中小都市】 【大都市】 <400MHz >400MHz |
| 150m | 10m | 6.27km 1.68km 0.92km 0.51km 0.44km |
| | 9m | 5.33km 1.43km 0.78km 0.48km 0.42km |
| | 8m | 4.53km 1.21km 0.66km 0.45km 0.40km |
| | 7m | 3.85km 1.03km 0.56km 0.41km 0.38km |
| | 6m | 3.27km 0.88km 0.48km 0.38km 0.36km |
| | 5m | 2.78km 0.75km 0.41km 0.35km 0.34km |
| | 4m | 2.37km 0.63km 0.35km 0.31km 0.31km |
| | 3m | 2.01km 0.54km 0.29km 0.28km 0.28km |
| | 2m | 1.71km 0.46km 0.25km 0.25km 0.25km |
| | 1m | 1.45km 0.39km 0.21km 0.22km 0.21km |

15-2 デジタル空港無線 TDMA 移動局

無人機→デジタル空港無線(移動局)への与干渉

【同一波干渉】



無人機→デジタル空港無線(移動局)への与干渉

【隣接波干渉】



| No. | 項目 | 内容 |
|------|-------------|--|
| | 周波数 | 400MHz |
| | 無人機 送信仕様 | |
| | 送信空中線電力 | 0.2W |
| | 隣接チャネル漏洩抑圧量 | -7.0dB |
| | 送信給電線損失 | 0.0dB |
| | 送信空中線利得 | 3dB |
| | 送信EIRP | -3.99dBW |
| ① | 与干渉量 | 26.01dBm |
| ② | 被干渉許容値 | -117.0dBm |
| ③ | 所要結合損 ①-② | 143.01dB |
| | 受信局仕様 | |
| | 受信給電線損失 | 0.0dB |
| | 受信空中線利得 | 2.0dB |
| ④ | 調査モデル結合量 | 2.0dB |
| ⑤ | 所要改善量 ③+④ | 145.01dB |
| ⑥ | 所要離隔距離 | 1,062.59km |
| | 自由空間 | |
| | 奥村-案モデル | 近似式の条件: 通信距離: 1km~20km, 無人機高度: 30m~200m, 受信局高度: 1m~10m |
| | 無人機高度 | 受信局高度 【開放地】 【郊外】 【中小都市】 【大都市】 <400MHz >400MHz |
| 150m | 10m | 454.20km 121.59km 66.32km 36.98km 32.19km |
| | 9m | 386.10km 103.36km 56.38km 34.61km 30.77km |
| | 8m | 328.20km 87.86km 47.92km 32.23km 29.30km |
| | 7m | 278.99km 74.68km 40.74km 29.85km 27.75km |
| | 6m | 237.15km 63.49km 34.63km 27.47km 26.12km |
| | 5m | 201.59km 53.97km 29.44km 25.07km 24.38km |
| | 4m | 171.36km 45.87km 25.02km 22.66km 22.50km |
| | 3m | 145.67km 39.00km 21.27km 20.23km 20.43km |
| | 2m | 123.83km 33.15km 18.08km 17.83km 18.05km |
| | 1m | 105.26km 28.18km 15.37km 15.71km 15.13km |

| No. | 項目 | 内容 |
|------|-------------|--|
| | 周波数 | 400MHz |
| | 無人機 送信仕様 | |
| | 送信空中線電力 | 0.2W |
| | 隣接チャネル漏洩抑圧量 | -7.0dB |
| | 送信給電線損失 | 0.0dB |
| | 送信空中線利得 | 3dB |
| | 送信EIRP | -59.16dBW |
| ① | 与干渉量 | -29.16dBm |
| ② | 被干渉許容値 | -117.0dBm |
| ③ | 所要結合損 ①-② | 87.84dB |
| | 受信局仕様 | |
| | 受信給電線損失 | 0.0dB |
| | 受信空中線利得 | 2.0dB |
| ④ | 調査モデル結合量 | 2.0dB |
| ⑤ | 所要改善量 ③+④ | 89.84dB |
| ⑥ | 所要離隔距離 | 1.85km |
| | 自由空間 | |
| | 奥村-案モデル | 近似式の条件: 通信距離: 1km~20km, 無人機高度: 30m~200m, 受信局高度: 1m~10m |
| | 無人機高度 | 受信局高度 【開放地】 【郊外】 【中小都市】 【大都市】 <400MHz >400MHz |
| 150m | 10m | 7.19km 1.93km 1.05km 0.59km 0.51km |
| | 9m | 6.11km 1.64km 0.89km 0.55km 0.49km |
| | 8m | 5.20km 1.39km 0.76km 0.51km 0.46km |
| | 7m | 4.42km 1.18km 0.65km 0.47km 0.44km |
| | 6m | 3.76km 1.01km 0.55km 0.43km 0.41km |
| | 5m | 3.19km 0.85km 0.47km 0.40km 0.39km |
| | 4m | 2.71km 0.73km 0.40km 0.36km 0.36km |
| | 3m | 2.31km 0.62km 0.34km 0.32km 0.32km |
| | 2m | 1.96km 0.52km 0.29km 0.28km 0.29km |
| | 1m | 1.67km 0.45km 0.24km 0.25km 0.24km |

無人機→デジタル空港無線(移動局)への与干渉

【帯域外干渉】



| No. | 項目 | 内容 |
|------|-------------|--|
| | 周波数 | 400MHz |
| | 無人機 送信仕様 | |
| | 送信空中線電力 | 0.2W |
| | 隣接チャネル漏洩抑圧量 | -7.0dB |
| | 送信給電線損失 | 0.0dB |
| | 送信空中線利得 | 3dB |
| | 送信EIRP | -3.99dBW |
| ① | 与干渉量 | 26.01dBm |
| ② | 被干渉許容値 | -51.0dBm |
| ③ | 所要結合損 ①-② | 77.01dB |
| | 受信局仕様 | |
| | 受信給電線損失 | 0.0dB |
| | 受信空中線利得 | 2.0dB |
| ④ | 調査モデル結合量 | 2.0dB |
| ⑤ | 所要改善量 ③+④ | 79.01dB |
| ⑥ | 所要離隔距離 | 0.53km |
| | 自由空間 | |
| | 奥村-案モデル | 近似式の条件: 通信距離: 1km~20km, 無人機高度: 30m~200m, 受信局高度: 1m~10m |
| | 無人機高度 | 受信局高度 【開放地】 【郊外】 【中小都市】 【大都市】 <400MHz >400MHz |
| 150m | 10m | 3.19km 0.85km 0.47km 0.26km 0.23km |
| | 9m | 2.71km 0.73km 0.40km 0.24km 0.22km |
| | 8m | 2.30km 0.62km 0.34km 0.23km 0.21km |
| | 7m | 1.96km 0.52km 0.29km 0.21km 0.19km |
| | 6m | 1.67km 0.45km 0.24km 0.19km 0.18km |
| | 5m | 1.42km 0.38km 0.21km 0.18km 0.17km |
| | 4m | 1.20km 0.32km 0.18km 0.16km 0.16km |
| | 3m | 1.02km 0.27km 0.15km 0.14km 0.14km |
| | 2m | 0.87km 0.23km 0.13km 0.13km 0.13km |
| | 1m | 0.74km 0.20km 0.11km 0.11km 0.11km |

15-3 デジタル空港無線(TYPE2)基地局

無人機→デジタル空港無線TYPE2(基地局)への与干渉

【同一波干渉】



無人機→デジタル空港無線TYPE2(基地局)への与干渉

【隣接波干渉】



| No. | 項目 | 内容 |
|------|-------------|--|
| | 周波数 | 400MHz |
| | 無人機 送信仕様 | |
| | 送信空中線電力 | 0.2W |
| | 隣接チャネル漏洩抑圧量 | -7.0dB |
| | 送信給電線損失 | 0.0dB |
| | 送信空中線利得 | 3dB |
| | 送信EIRP | -3.99dBW |
| ① | 与干渉量 | 26.01dBm |
| ② | 被干渉許容値 | -117.0dBm |
| ③ | 所要結合損 ①-② | 143.01dB |
| | 受信局仕様 | |
| | 受信給電線損失 | 0.0dB |
| | 受信空中線利得 | 11.0dB |
| ④ | 調査モデル結合量 | 11.0dB |
| ⑤ | 所要改善量 ③+④ | 154.01dB |
| ⑥ | 所要離隔距離 | |
| | 自由空間 | 2.994.79km |
| | 奥村-秦モデル | 近似式の条件: 通信距離: 1km~20km, 無人機高度: 30m~200m, 受信局高度: 1m~10m |
| | 無人機高度 | 受信局高度 【開放地】 【郊外】 【中小都市】 【大都市】 <400MHz >400MHz |
| 150m | 10m | 893.14km 239.09km 130.41km 72.73km 63.30km |
| | 9m | 759.22km 203.24km 110.86km 68.06km 60.51km |
| | 8m | 645.37km 172.77km 94.24km 63.88km 57.61km |
| | 7m | 548.60km 146.86km 80.10km 58.70km 54.57km |
| | 6m | 466.34km 124.84km 68.09km 54.01km 51.36km |
| | 5m | 396.41km 106.12km 57.88km 49.30km 47.94km |
| | 4m | 336.97km 90.21km 49.20km 44.55km 44.25km |
| | 3m | 286.44km 76.68km 41.83km 39.79km 40.17km |
| | 2m | 243.49km 65.18km 35.55km 35.06km 35.50km |
| | 1m | 206.98km 55.41km 30.22km 30.88km 29.75km |

| No. | 項目 | 内容 |
|------|-------------|--|
| | 周波数 | 400MHz |
| | 無人機 送信仕様 | |
| | 送信空中線電力 | 0.2W |
| | 隣接チャネル漏洩抑圧量 | -7.0dB |
| | 送信給電線損失 | 0.0dB |
| | 送信空中線利得 | 3dB |
| | 送信EIRP | -59.16dBW |
| ① | 与干渉量 | -29.16dBm |
| ② | 被干渉許容値 | -117.0dBm |
| ③ | 所要結合損 ①-② | 87.84dB |
| | 受信局仕様 | |
| | 受信給電線損失 | 0.0dB |
| | 受信空中線利得 | 11.0dB |
| ④ | 調査モデル結合量 | 11.0dB |
| ⑤ | 所要改善量 ③+④ | 98.84dB |
| ⑥ | 所要離隔距離 | |
| | 自由空間 | 5.22km |
| | 奥村-秦モデル | 近似式の条件: 通信距離: 1km~20km, 無人機高度: 30m~200m, 受信局高度: 1m~10m |
| | 無人機高度 | 受信局高度 【開放地】 【郊外】 【中小都市】 【大都市】 <400MHz >400MHz |
| 150m | 10m | 14.14km 3.79km 2.07km 1.15km 1.00km |
| | 9m | 12.02km 3.22km 1.76km 1.08km 0.96km |
| | 8m | 10.22km 2.74km 1.49km 1.00km 0.91km |
| | 7m | 8.69km 2.33km 1.27km 0.93km 0.86km |
| | 6m | 7.38km 1.98km 1.08km 0.86km 0.81km |
| | 5m | 6.28km 1.68km 0.92km 0.78km 0.76km |
| | 4m | 5.34km 1.43km 0.78km 0.71km 0.70km |
| | 3m | 4.54km 1.21km 0.66km 0.63km 0.64km |
| | 2m | 3.86km 1.03km 0.56km 0.56km 0.56km |
| | 1m | 3.28km 0.88km 0.48km 0.49km 0.47km |

無人機→デジタル空港無線TYPE2(基地局)への与干渉

【帯域外干渉】



| No. | 項目 | 内容 |
|------|-------------|--|
| | 周波数 | 400MHz |
| | 無人機 送信仕様 | |
| | 送信空中線電力 | 0.2W |
| | 隣接チャネル漏洩抑圧量 | -7.0dB |
| | 送信給電線損失 | 0.0dB |
| | 送信空中線利得 | 3dB |
| | 送信EIRP | -3.99dBW |
| ① | 与干渉量 | 26.01dBm |
| ② | 被干渉許容値 | -51.0dBm |
| ③ | 所要結合損 ①-② | 77.01dB |
| | 受信局仕様 | |
| | 受信給電線損失 | 0.0dB |
| | 受信空中線利得 | 11.0dB |
| ④ | 調査モデル結合量 | 11.0dB |
| ⑤ | 所要改善量 ③+④ | 88.01dB |
| ⑥ | 所要離隔距離 | |
| | 自由空間 | 1.50km |
| | 奥村-秦モデル | 近似式の条件: 通信距離: 1km~20km, 無人機高度: 30m~200m, 受信局高度: 1m~10m |
| | 無人機高度 | 受信局高度 【開放地】 【郊外】 【中小都市】 【大都市】 <400MHz >400MHz |
| 150m | 10m | 6.27km 1.68km 0.92km 0.51km 0.44km |
| | 9m | 5.33km 1.43km 0.78km 0.48km 0.42km |
| | 8m | 4.53km 1.21km 0.66km 0.45km 0.40km |
| | 7m | 3.85km 1.03km 0.56km 0.41km 0.38km |
| | 6m | 3.27km 0.88km 0.48km 0.38km 0.36km |
| | 5m | 2.78km 0.75km 0.41km 0.35km 0.34km |
| | 4m | 2.37km 0.63km 0.35km 0.31km 0.31km |
| | 3m | 2.01km 0.54km 0.29km 0.28km 0.28km |
| | 2m | 1.71km 0.46km 0.25km 0.25km 0.25km |
| | 1m | 1.45km 0.39km 0.21km 0.22km 0.21km |

15-4 デジタル空港無線(TYPE2)移動局

無人機→デジタル空港無線TYPE2(移動局)への与干渉

【同一波干渉】



無人機→デジタル空港無線TYPE2(移動局)への与干渉

【隣接波干渉】



| No. | 項目 | 内容 |
|------|-------------|--|
| | 周波数 | 400MHz |
| | 無人機 送信仕様 | |
| | 送信空中線電力 | 0.2W |
| | 隣接チャネル漏洩抑圧量 | -7.0dB |
| | 送信給電線損失 | 0.0dB |
| | 送信空中線利得 | 3dB |
| | 送信EIRP | -3.99dBW |
| ① | 与干渉量 | 26.01dBm |
| ② | 被干渉許容値 | -117.0dBm |
| ③ | 所要結合損 ①-② | 143.01dB |
| | 受信局仕様 | |
| | 受信給電線損失 | 0.0dB |
| | 受信空中線利得 | 2.0dB |
| ④ | 調査モデル結合量 | 2.0dB |
| ⑤ | 所要改善量 ③+④ | 145.01dB |
| ⑥ | 所要離隔距離 | 1,062.59km |
| | 自由空間 | |
| | 奥村-黍モデル | 近似式の条件: 通信距離: 1km~20km, 無人機高度: 30m~200m, 受信局高度: 1m~10m |
| | 無人機高度 | 受信局高度 【開放地】 【郊外】 【中小都市】 【大都市】 <400MHz >400MHz |
| 150m | 10m | 454.20km 121.59km 66.32km 36.98km 32.19km |
| | 9m | 386.10km 103.36km 56.38km 34.61km 30.77km |
| | 8m | 328.20km 87.86km 47.92km 32.23km 29.30km |
| | 7m | 278.99km 74.68km 40.74km 29.85km 27.75km |
| | 6m | 237.15km 63.49km 34.63km 27.47km 26.12km |
| | 5m | 201.59km 53.97km 29.44km 25.07km 24.38km |
| | 4m | 171.36km 45.87km 25.02km 22.66km 22.50km |
| | 3m | 145.67km 39.00km 21.27km 20.23km 20.43km |
| | 2m | 123.83km 33.15km 18.08km 17.83km 18.05km |
| | 1m | 105.26km 28.18km 15.37km 15.71km 15.13km |

| No. | 項目 | 内容 |
|------|-------------|--|
| | 周波数 | 400MHz |
| | 無人機 送信仕様 | |
| | 送信空中線電力 | 0.2W |
| | 隣接チャネル漏洩抑圧量 | -7.0dB |
| | 送信給電線損失 | 0.0dB |
| | 送信空中線利得 | 3dB |
| | 送信EIRP | -59.16dBW |
| ① | 与干渉量 | -29.16dBm |
| ② | 被干渉許容値 | -117.0dBm |
| ③ | 所要結合損 ①-② | 87.84dB |
| | 受信局仕様 | |
| | 受信給電線損失 | 0.0dB |
| | 受信空中線利得 | 2.0dB |
| ④ | 調査モデル結合量 | 2.0dB |
| ⑤ | 所要改善量 ③+④ | 89.84dB |
| ⑥ | 所要離隔距離 | 1.85km |
| | 自由空間 | |
| | 奥村-黍モデル | 近似式の条件: 通信距離: 1km~20km, 無人機高度: 30m~200m, 受信局高度: 1m~10m |
| | 無人機高度 | 受信局高度 【開放地】 【郊外】 【中小都市】 【大都市】 <400MHz >400MHz |
| 150m | 10m | 7.19km 1.93km 1.05km 0.59km 0.51km |
| | 9m | 6.11km 1.64km 0.89km 0.55km 0.49km |
| | 8m | 5.20km 1.39km 0.76km 0.51km 0.46km |
| | 7m | 4.42km 1.18km 0.65km 0.47km 0.44km |
| | 6m | 3.76km 1.01km 0.55km 0.43km 0.41km |
| | 5m | 3.19km 0.85km 0.47km 0.40km 0.39km |
| | 4m | 2.71km 0.73km 0.40km 0.36km 0.36km |
| | 3m | 2.31km 0.62km 0.34km 0.32km 0.32km |
| | 2m | 1.96km 0.52km 0.29km 0.28km 0.29km |
| | 1m | 1.67km 0.45km 0.24km 0.25km 0.24km |

無人機→デジタル空港無線TYPE2(移動局)への与干渉

【帯域外干渉】



| No. | 項目 | 内容 |
|------|-------------|--|
| | 周波数 | 400MHz |
| | 無人機 送信仕様 | |
| | 送信空中線電力 | 0.2W |
| | 隣接チャネル漏洩抑圧量 | -7.0dB |
| | 送信給電線損失 | 0.0dB |
| | 送信空中線利得 | 3dB |
| | 送信EIRP | -3.99dBW |
| ① | 与干渉量 | 26.01dBm |
| ② | 被干渉許容値 | -51.0dBm |
| ③ | 所要結合損 ①-② | 77.01dB |
| | 受信局仕様 | |
| | 受信給電線損失 | 0.0dB |
| | 受信空中線利得 | 2.0dB |
| ④ | 調査モデル結合量 | 2.0dB |
| ⑤ | 所要改善量 ③+④ | 79.01dB |
| ⑥ | 所要離隔距離 | 0.53km |
| | 自由空間 | |
| | 奥村-黍モデル | 近似式の条件: 通信距離: 1km~20km, 無人機高度: 30m~200m, 受信局高度: 1m~10m |
| | 無人機高度 | 受信局高度 【開放地】 【郊外】 【中小都市】 【大都市】 <400MHz >400MHz |
| 150m | 10m | 3.19km 0.85km 0.47km 0.26km 0.23km |
| | 9m | 2.71km 0.73km 0.40km 0.24km 0.22km |
| | 8m | 2.30km 0.62km 0.34km 0.23km 0.21km |
| | 7m | 1.96km 0.52km 0.29km 0.21km 0.19km |
| | 6m | 1.67km 0.45km 0.24km 0.19km 0.18km |
| | 5m | 1.42km 0.38km 0.21km 0.18km 0.17km |
| | 4m | 1.20km 0.32km 0.18km 0.16km 0.16km |
| | 3m | 1.02km 0.27km 0.15km 0.14km 0.14km |
| | 2m | 0.87km 0.23km 0.13km 0.13km 0.13km |
| | 1m | 0.74km 0.20km 0.11km 0.11km 0.11km |

16 連絡無線

無人機一作業連絡用無線局への与干渉

【同一波干渉】



| No. | 項目 | 内容 |
|------|-------------|--|
| | 周波数 | 400MHz |
| | 無人機 送信仕様 | |
| | 送信空中線電力 | 0.2W |
| | 隣接チャネル漏洩抑圧量 | -7.0dB |
| | 送信給電線損失 | 0.0dB |
| | 送信空中線利得 | 3 dB |
| | 送信EIRP | -3.99dBW |
| ① | 与干渉量 | 26.01dBm |
| ② | 被干渉許容値 | -116.4dBm |
| ③ | 所要結合損 ①-② | 142.01dB |
| | 受信局仕様 | |
| | 受信給電線損失 | 0.0dB |
| | 受信空中線利得 | 2.0dB |
| ④ | 調査モデル結合量 | 2.0dB |
| ⑤ | 所要改善量 ③+④ | 144.01dB |
| ⑥ | 所要離隔距離 | 947.04km |
| | 自由空間 | |
| | 奥村一素モデル | 近似式の条件: 通信距離: 1km~20km, 無人機高度: 30m~200m, 受信局高度: 1m~10m |
| | 無人機高度 | 受信局高度 【開放地】 【郊外】 【中小都市】 【大都市】 <400MHz >400MHz |
| 150m | 10m | 421.33km 112.79km 61.52km 34.31km 29.86km |
| | 9m | 358.15km 95.88km 52.30km 32.10km 28.54km |
| | 8m | 304.45km 81.50km 44.45km 29.90km 27.17km |
| | 7m | 258.80km 69.28km 37.79km 27.69km 25.74km |
| | 6m | 219.99km 58.89km 32.12km 25.48km 24.23km |
| | 5m | 187.00km 50.06km 27.31km 23.25km 22.62km |
| | 4m | 158.96km 42.55km 23.21km 21.02km 20.87km |
| | 3m | 135.13km 36.17km 19.73km 18.77km 18.95km |
| | 2m | 114.86km 30.75km 16.77km 16.54km 16.75km |
| | 1m | 97.64km 26.14km 14.26km 14.57km 14.03km |

無人機一作業連絡用無線局への与干渉

【隣接波干渉】



| No. | 項目 | 内容 |
|------|-------------|--|
| | 周波数 | 400MHz |
| | 無人機 送信仕様 | |
| | 送信空中線電力 | 0.2W |
| | 隣接チャネル漏洩抑圧量 | -7.0dB |
| | 送信給電線損失 | 0.0dB |
| | 送信空中線利得 | 3 dB |
| | 送信EIRP | -63.73dBW |
| ① | 与干渉量 | -33.73dBm |
| ② | 被干渉許容値 | -116.4dBm |
| ③ | 所要結合損 ①-② | 82.27dB |
| | 受信局仕様 | |
| | 受信給電線損失 | 0.0dB |
| | 受信空中線利得 | 2.0dB |
| ④ | 調査モデル結合量 | 2.0dB |
| ⑤ | 所要改善量 ③+④ | 84.27dB |
| ⑥ | 所要離隔距離 | 0.98km |
| | 自由空間 | |
| | 奥村一素モデル | 近似式の条件: 通信距離: 1km~20km, 無人機高度: 30m~200m, 受信局高度: 1m~10m |
| | 無人機高度 | 受信局高度 【開放地】 【郊外】 【中小都市】 【大都市】 <400MHz >400MHz |
| 150m | 10m | 4.74km 1.27km 0.69km 0.39km 0.34km |
| | 9m | 4.03km 1.08km 0.59km 0.36km 0.32km |
| | 8m | 3.42km 0.92km 0.50km 0.34km 0.31km |
| | 7m | 2.91km 0.78km 0.42km 0.31km 0.29km |
| | 6m | 2.47km 0.66km 0.36km 0.29km 0.27km |
| | 5m | 2.10km 0.56km 0.31km 0.26km 0.25km |
| | 4m | 1.79km 0.48km 0.26km 0.24km 0.23km |
| | 3m | 1.52km 0.41km 0.22km 0.21km 0.21km |
| | 2m | 1.29km 0.35km 0.19km 0.19km 0.19km |
| | 1m | 1.10km 0.29km 0.16km 0.16km 0.16km |

無人機一作業連絡用無線局への与干渉

【帯域外干渉】



| No. | 項目 | 内容 |
|------|-------------|--|
| | 周波数 | 400MHz |
| | 無人機 送信仕様 | |
| | 送信空中線電力 | 0.2W |
| | 隣接チャネル漏洩抑圧量 | -7.0dB |
| | 送信給電線損失 | 0.0dB |
| | 送信空中線利得 | 3 dB |
| | 送信EIRP | -3.99dBW |
| ① | 与干渉量 | 26.01dBm |
| ② | 被干渉許容値 | -64.4dBm |
| ③ | 所要結合損 ①-② | 90.01dB |
| | 受信局仕様 | |
| | 受信給電線損失 | 0.0dB |
| | 受信空中線利得 | 2.0dB |
| ④ | 調査モデル結合量 | 2.0dB |
| ⑤ | 所要改善量 ③+④ | 92.01dB |
| ⑥ | 所要離隔距離 | 2.38km |
| | 自由空間 | |
| | 奥村一素モデル | 近似式の条件: 通信距離: 1km~20km, 無人機高度: 30m~200m, 受信局高度: 1m~10m |
| | 無人機高度 | 受信局高度 【開放地】 【郊外】 【中小都市】 【大都市】 <400MHz >400MHz |
| 150m | 10m | 8.47km 2.27km 1.24km 0.69km 0.60km |
| | 9m | 7.20km 1.93km 1.05km 0.65km 0.57km |
| | 8m | 6.12km 1.64km 0.89km 0.60km 0.55km |
| | 7m | 5.20km 1.39km 0.76km 0.56km 0.52km |
| | 6m | 4.42km 1.18km 0.65km 0.51km 0.49km |
| | 5m | 3.76km 1.01km 0.55km 0.47km 0.45km |
| | 4m | 3.20km 0.86km 0.47km 0.42km 0.42km |
| | 3m | 2.72km 0.73km 0.40km 0.38km 0.38km |
| | 2m | 2.31km 0.62km 0.34km 0.33km 0.34km |
| | 1m | 1.96km 0.53km 0.29km 0.29km 0.28km |

17-1 医療用テレメータ A型アナログ

無人機-医療用テレメータA型(アナログ式)への与干渉

【同一波干渉】



無人機-医療用テレメータA型(アナログ式)への与干渉

【隣接波干渉】



| No. | 項目 | 内容 |
|------|-------------|--|
| | 周波数 | 400MHz |
| | 無人機 送信仕様 | |
| | 送信空中線電力 | 0.2W |
| | 隣接チャネル漏洩抑圧量 | -7.0dB |
| | 送信給電線損失 | 0.0dB |
| | 送信空中線利得 | 3.0dB |
| | 送信EIRP | -3.99dBW |
| ① | 与干渉量 | 26.01dBm |
| ② | 被干渉許容値 | -117.0dBm |
| ③ | 所要結合損 ①-② | 143.01dB |
| | 受信局仕様 | |
| | 受信給電線損失 | 0.0dB |
| | 受信空中線利得 | 2.1dB |
| ④ | 調査モデル結合量 | 2.14dB |
| ⑤ | 所要改善量 ③+④ | 145.15dB |
| ⑥ | 所要離隔距離 | 1,079.88km |
| | 自由空間 | |
| | 奥村-素モデル | 近似式の条件: 通信距離: 1km~20km, 無人機高度: 30m~200m, 受信局高度: 1m~10m |
| | 無人機高度 | 受信局高度 【開放地】 【郊外】 【中小都市】 【大都市】 <400MHz >400MHz |
| 150m | 10m | 459.01km 122.88km 67.02km 37.38km 32.53km |
| | 9m | 390.18km 104.45km 56.97km 34.98km 31.10km |
| | 8m | 331.67km 88.79km 48.43km 32.57km 29.60km |
| | 7m | 281.94km 75.47km 41.17km 30.17km 28.04km |
| | 6m | 239.66km 64.16km 34.99km 27.76km 26.39km |
| | 5m | 203.73km 54.54km 29.75km 25.33km 24.64km |
| | 4m | 173.18km 46.36km 25.29km 22.90km 22.74km |
| | 3m | 147.21km 39.41km 21.49km 20.45km 20.64km |
| | 2m | 125.14km 33.50km 18.27km 18.02km 18.24km |
| | 1m | 106.37km 28.48km 15.53km 15.87km 15.29km |

| No. | 項目 | 内容 |
|------|-------------|--|
| | 周波数 | 400MHz |
| | 無人機 送信仕様 | |
| | 送信空中線電力 | 0.2W |
| | 隣接チャネル漏洩抑圧量 | -7.0dB |
| | 送信給電線損失 | 0.0dB |
| | 送信空中線利得 | 3.0dB |
| | 送信EIRP | -63.73dBW |
| ① | 与干渉量 | -33.73dBm |
| ② | 被干渉許容値 | -117.0dBm |
| ③ | 所要結合損 ①-② | 83.27dB |
| | 受信局仕様 | |
| | 受信給電線損失 | 0.0dB |
| | 受信空中線利得 | 2.1dB |
| ④ | 調査モデル結合量 | 2.14dB |
| ⑤ | 所要改善量 ③+④ | 85.41dB |
| ⑥ | 所要離隔距離 | 1.11km |
| | 自由空間 | |
| | 奥村-素モデル | 近似式の条件: 通信距離: 1km~20km, 無人機高度: 30m~200m, 受信局高度: 1m~10m |
| | 無人機高度 | 受信局高度 【開放地】 【郊外】 【中小都市】 【大都市】 <400MHz >400MHz |
| 150m | 10m | 5.16km 1.38km 0.75km 0.42km 0.37km |
| | 9m | 4.39km 1.17km 0.64km 0.39km 0.35km |
| | 8m | 3.73km 1.00km 0.54km 0.37km 0.33km |
| | 7m | 3.17km 0.85km 0.46km 0.34km 0.32km |
| | 6m | 2.69km 0.72km 0.39km 0.31km 0.30km |
| | 5m | 2.29km 0.61km 0.33km 0.28km 0.28km |
| | 4m | 1.95km 0.52km 0.28km 0.26km 0.26km |
| | 3m | 1.65km 0.44km 0.24km 0.23km 0.23km |
| | 2m | 1.41km 0.38km 0.21km 0.20km 0.21km |
| | 1m | 1.20km 0.32km 0.17km 0.18km 0.17km |

無人機-医療用テレメータA型(アナログ式)への与干渉

【帯域外干渉】



| No. | 項目 | 内容 |
|------|-------------|--|
| | 周波数 | 400MHz |
| | 無人機 送信仕様 | |
| | 送信空中線電力 | 0.2W |
| | 隣接チャネル漏洩抑圧量 | -7.0dB |
| | 送信給電線損失 | 0.0dB |
| | 送信空中線利得 | 3.0dB |
| | 送信EIRP | -3.99dBW |
| ① | 与干渉量 | 26.01dBm |
| ② | 被干渉許容値 | -45.0dBm |
| ③ | 所要結合損 ①-② | 71.01dB |
| | 受信局仕様 | |
| | 受信給電線損失 | 0.0dB |
| | 受信空中線利得 | 2.1dB |
| ④ | 調査モデル結合量 | 2.14dB |
| ⑤ | 所要改善量 ③+④ | 73.15dB |
| ⑥ | 所要離隔距離 | 0.27km |
| | 自由空間 | |
| | 奥村-素モデル | 近似式の条件: 通信距離: 1km~20km, 無人機高度: 30m~200m, 受信局高度: 1m~10m |
| | 無人機高度 | 受信局高度 【開放地】 【郊外】 【中小都市】 【大都市】 <400MHz >400MHz |
| 150m | 10m | 2.05km 0.55km 0.30km 0.17km 0.15km |
| | 9m | 1.75km 0.47km 0.25km 0.16km 0.14km |
| | 8m | 1.48km 0.40km 0.22km 0.15km 0.13km |
| | 7m | 1.26km 0.34km 0.18km 0.13km 0.13km |
| | 6m | 1.07km 0.29km 0.16km 0.12km 0.12km |
| | 5m | 0.91km 0.24km 0.13km 0.11km 0.11km |
| | 4m | 0.77km 0.21km 0.11km 0.10km 0.10km |
| | 3m | 0.66km 0.18km 0.10km 0.09km 0.09km |
| | 2m | 0.56km 0.15km 0.08km 0.08km 0.08km |
| | 1m | 0.48km 0.13km 0.07km 0.07km 0.07km |

17-6 医療用テレメータ A型デジタル

無人機-医療用テレメータA型(デジタル式)への与干渉

【同一波干渉】



無人機-医療用テレメータA型(デジタル式)への与干渉

【隣接波干渉】



| No. | 項目 | 内容 |
|------|-------------|--|
| | 周波数 | 400MHz |
| | 無人機 送信仕様 | |
| | 送信空中線電力 | 0.2W |
| | 隣接チャネル漏洩抑圧量 | -7.0dBW |
| | 送信給電線損失 | 0.0dB |
| | 送信空中線利得 | 3dB |
| | 送信EIRP | -3.99dBW |
| ① | 与干渉量 | 26.01dBm |
| ② | 被干渉許容値 | -121.3dBm |
| ③ | 所要結合損 ①-② | 147.31dB |
| | 受信局仕様 | |
| | 受信給電線損失 | 0dB |
| | 受信空中線利得 | 2.1dB |
| ④ | 調査モデル結合量 | 2.14dB |
| ⑤ | 所要改善量 ③+④ | 149.45dB |
| ⑥ | 所要離隔距離 | 1,771.60km |
| | 自由空間 | |
| | 奥村-案モデル | 近似式の条件: 通信距離: 1km~20km, 無人機高度: 30m~200m, 受信局高度: 1m~10m |
| | 無人機高度 | 受信局高度 【開放地】 【郊外】 【中小都市】 【大都市】 <400MHz >400MHz |
| 150m | 10m | 634.06km 169.74km 92.58km 51.63km 44.94km |
| | 9m | 538.98km 144.28km 78.70km 48.31km 42.96km |
| | 8m | 458.16km 122.65km 66.90km 45.00km 40.90km |
| | 7m | 389.46km 104.26km 56.87km 41.67km 38.74km |
| | 6m | 331.06km 88.62km 48.34km 38.34km 36.46km |
| | 5m | 281.42km 75.34km 41.09km 35.00km 34.03km |
| | 4m | 239.22km 64.04km 34.93km 31.63km 31.41km |
| | 3m | 203.35km 54.44km 29.69km 28.24km 28.52km |
| | 2m | 172.86km 46.27km 25.24km 24.89km 25.20km |
| | 1m | 146.94km 39.34km 21.46km 21.93km 21.12km |

| No. | 項目 | 内容 |
|------|-------------|--|
| | 周波数 | 400MHz |
| | 無人機 送信仕様 | |
| | 送信空中線電力 | 0.2W |
| | 隣接チャネル漏洩抑圧量 | -7.0dBW |
| | 送信給電線損失 | 0.0dB |
| | 送信空中線利得 | 3dB |
| | 送信EIRP | -63.73dBW |
| ① | 与干渉量 | -33.73dBm |
| ② | 被干渉許容値 | -121.3dBm |
| ③ | 所要結合損 ①-② | 87.57dB |
| | 受信局仕様 | |
| | 受信給電線損失 | 0dB |
| | 受信空中線利得 | 2.1dB |
| ④ | 調査モデル結合量 | 2.14dB |
| ⑤ | 所要改善量 ③+④ | 89.71dB |
| ⑥ | 所要離隔距離 | 1.83km |
| | 自由空間 | |
| | 奥村-案モデル | 近似式の条件: 通信距離: 1km~20km, 無人機高度: 30m~200m, 受信局高度: 1m~10m |
| | 無人機高度 | 受信局高度 【開放地】 【郊外】 【中小都市】 【大都市】 <400MHz >400MHz |
| 150m | 10m | 7.13km 1.91km 1.04km 0.58km 0.51km |
| | 9m | 6.06km 1.62km 0.88km 0.54km 0.48km |
| | 8m | 5.15km 1.38km 0.75km 0.51km 0.46km |
| | 7m | 4.38km 1.17km 0.64km 0.47km 0.44km |
| | 6m | 3.72km 1.00km 0.54km 0.43km 0.41km |
| | 5m | 3.16km 0.85km 0.46km 0.39km 0.38km |
| | 4m | 2.69km 0.72km 0.39km 0.36km 0.35km |
| | 3m | 2.29km 0.61km 0.33km 0.32km 0.32km |
| | 2m | 1.94km 0.52km 0.28km 0.28km 0.28km |
| | 1m | 1.65km 0.44km 0.24km 0.25km 0.24km |

無人機-医療用テレメータA型(デジタル式)への与干渉

【帯域外干渉】



| No. | 項目 | 内容 |
|------|-------------|--|
| | 周波数 | 400MHz |
| | 無人機 送信仕様 | |
| | 送信空中線電力 | 0.2W |
| | 隣接チャネル漏洩抑圧量 | -7.0dBW |
| | 送信給電線損失 | 0.0dB |
| | 送信空中線利得 | 3dB |
| | 送信EIRP | -3.99dBW |
| ① | 与干渉量 | 26.01dBm |
| ② | 被干渉許容値 | -57dBm |
| ③ | 所要結合損 ①-② | 83.01dB |
| | 受信局仕様 | |
| | 受信給電線損失 | 0dB |
| | 受信空中線利得 | 2.1dB |
| ④ | 調査モデル結合量 | 2.14dB |
| ⑤ | 所要改善量 ③+④ | 85.15dB |
| ⑥ | 所要離隔距離 | 1.08km |
| | 自由空間 | |
| | 奥村-案モデル | 近似式の条件: 通信距離: 1km~20km, 無人機高度: 30m~200m, 受信局高度: 1m~10m |
| | 無人機高度 | 受信局高度 【開放地】 【郊外】 【中小都市】 【大都市】 <400MHz >400MHz |
| 150m | 10m | 5.06km 1.35km 0.74km 0.41km 0.36km |
| | 9m | 4.30km 1.15km 0.63km 0.39km 0.34km |
| | 8m | 3.66km 0.98km 0.53km 0.36km 0.33km |
| | 7m | 3.11km 0.83km 0.45km 0.33km 0.31km |
| | 6m | 2.64km 0.71km 0.39km 0.31km 0.29km |
| | 5m | 2.25km 0.60km 0.33km 0.28km 0.27km |
| | 4m | 1.91km 0.51km 0.28km 0.25km 0.25km |
| | 3m | 1.62km 0.43km 0.24km 0.23km 0.23km |
| | 2m | 1.38km 0.37km 0.20km 0.20km 0.20km |
| | 1m | 1.17km 0.31km 0.17km 0.17km 0.17km |

18 テレメータ・テレコントロール (特定小電力無線局)

無人機-特定小電力 400MHzテレメータ、テレコントロール、データ伝送用無線への与干渉

【同一波干渉】



無人機-特定小電力 400MHzテレメータ、テレコントロール、データ伝送用無線への与干渉

【隣接波干渉】



| No. | 項目 | 内容 |
|------|-------------|--|
| | 周波数 | 400MHz |
| | 無人機 送信仕様 | |
| | 送信空中線電力 | 0.2W |
| | 隣接チャネル漏洩抑圧量 | -7.0dBW |
| | 送信給電線損失 | 0.0dB |
| | 送信空中線利得 | 3 dB |
| | 送信EIRP | -3.99dBW |
| ① | 与干渉量 | 26.01dBm |
| ② | 被干渉許容値 | -116.0dBm |
| ③ | 所要結合損 ①-② | 142.01dB |
| | 受信局仕様 | |
| | 受信給電線損失 | 0.0dB |
| | 受信空中線利得 | 2.1dB |
| ④ | 調査モデル結合量 | 2.14dB |
| ⑤ | 所要改善量 ③+④ | 144.15dB |
| ⑥ | 所要離隔距離 | 962.42km |
| | 自由空間 | |
| | 奥村-素モデル | 近似式の条件: 通信距離: 1km~20km, 無人機高度: 30m~200m, 受信局高度: 1m~10m |
| | 無人機高度 | 受信局高度 【開放地】 【郊外】 【中小都市】 【大都市】 <400MHz >400MHz |
| 150m | 10m | 425.78km 113.98km 62.17km 34.67km 30.18km |
| | 9m | 361.94km 96.89km 52.85km 32.44km 28.85km |
| | 8m | 307.67km 82.36km 44.92km 30.22km 27.46km |
| | 7m | 261.53km 70.01km 38.19km 27.99km 26.01km |
| | 6m | 222.32km 59.51km 32.46km 25.75km 24.48km |
| | 5m | 188.98km 50.59km 27.59km 23.50km 22.85km |
| | 4m | 160.64km 43.00km 23.46km 21.24km 21.09km |
| | 3m | 136.55km 36.56km 19.94km 18.97km 19.15km |
| | 2m | 116.08km 31.07km 16.95km 16.71km 16.92km |
| | 1m | 98.67km 26.41km 14.41km 14.72km 14.18km |

| No. | 項目 | 内容 |
|------|-------------|--|
| | 周波数 | 400MHz |
| | 無人機 送信仕様 | |
| | 送信空中線電力 | 0.2W |
| | 隣接チャネル漏洩抑圧量 | -7.0dBW |
| | 送信給電線損失 | 0.0dB |
| | 送信空中線利得 | 3 dB |
| | 送信EIRP | -60.98dBW |
| ① | 与干渉量 | -30.98dBm |
| ② | 被干渉許容値 | -116.0dBm |
| ③ | 所要結合損 ①-② | 85.02dB |
| | 受信局仕様 | |
| | 受信給電線損失 | 0.0dB |
| | 受信空中線利得 | 2.1dB |
| ④ | 調査モデル結合量 | 2.14dB |
| ⑤ | 所要改善量 ③+④ | 87.16dB |
| ⑥ | 所要離隔距離 | 1.36km |
| | 自由空間 | |
| | 奥村-素モデル | 近似式の条件: 通信距離: 1km~20km, 無人機高度: 30m~200m, 受信局高度: 1m~10m |
| | 無人機高度 | 受信局高度 【開放地】 【郊外】 【中小都市】 【大都市】 <400MHz >400MHz |
| 150m | 10m | 5.88km 1.57km 0.86km 0.48km 0.42km |
| | 9m | 5.00km 1.34km 0.73km 0.45km 0.40km |
| | 8m | 4.25km 1.14km 0.62km 0.42km 0.38km |
| | 7m | 3.61km 0.97km 0.53km 0.39km 0.36km |
| | 6m | 3.07km 0.82km 0.45km 0.36km 0.34km |
| | 5m | 2.61km 0.70km 0.38km 0.32km 0.32km |
| | 4m | 2.22km 0.59km 0.32km 0.29km 0.29km |
| | 3m | 1.89km 0.51km 0.28km 0.26km 0.26km |
| | 2m | 1.60km 0.43km 0.23km 0.23km 0.23km |
| | 1m | 1.36km 0.36km 0.20km 0.20km 0.20km |

無人機-特定小電力 400MHzテレメータ、テレコントロール、データ伝送用無線への与干渉

【帯域外干渉】



| No. | 項目 | 内容 |
|------|-------------|--|
| | 周波数 | 400MHz |
| | 無人機 送信仕様 | |
| | 送信空中線電力 | 0.2W |
| | 隣接チャネル漏洩抑圧量 | -7.0dBW |
| | 送信給電線損失 | 0.0dB |
| | 送信空中線利得 | 3 dB |
| | 送信EIRP | -3.99dBW |
| ① | 与干渉量 | 26.01dBm |
| ② | 被干渉許容値 | -64.0dBm |
| ③ | 所要結合損 ①-② | 90.01dB |
| | 受信局仕様 | |
| | 受信給電線損失 | 0.0dB |
| | 受信空中線利得 | 2.1dB |
| ④ | 調査モデル結合量 | 2.14dB |
| ⑤ | 所要改善量 ③+④ | 92.15dB |
| ⑥ | 所要離隔距離 | 2.42km |
| | 自由空間 | |
| | 奥村-素モデル | 近似式の条件: 通信距離: 1km~20km, 無人機高度: 30m~200m, 受信局高度: 1m~10m |
| | 無人機高度 | 受信局高度 【開放地】 【郊外】 【中小都市】 【大都市】 <400MHz >400MHz |
| 150m | 10m | 8.56km 2.29km 1.25km 0.70km 0.61km |
| | 9m | 7.28km 1.95km 1.06km 0.65km 0.58km |
| | 8m | 6.18km 1.66km 0.90km 0.61km 0.55km |
| | 7m | 5.26km 1.41km 0.77km 0.56km 0.52km |
| | 6m | 4.47km 1.20km 0.65km 0.52km 0.49km |
| | 5m | 3.80km 1.02km 0.55km 0.47km 0.46km |
| | 4m | 3.23km 0.86km 0.47km 0.43km 0.42km |
| | 3m | 2.75km 0.73km 0.40km 0.38km 0.38km |
| | 2m | 2.33km 0.62km 0.34km 0.34km 0.34km |
| | 1m | 1.98km 0.53km 0.29km 0.30km 0.29km |

19 小電力セキュリティシステム無線 (防犯・非常通報)

無人機-小電力セキュリティシステム無線への与干渉

【同一波干渉】



無人機-小電力セキュリティシステム無線への与干渉

【隣接波干渉】



| No. | 項目 | 内容 |
|------|-------------|--|
| | 周波数 | 400MHz |
| | 無人機 送信仕様 | |
| | 送信空中線電力 | 0.2W |
| | 隣接チャネル漏洩抑圧量 | -7.0dB |
| | 送信給電線損失 | 0.0dB |
| | 送信空中線利得 | 3dB |
| | 送信EIRP | -3.99dBW |
| ① | 与干渉量 | 26.01dBm |
| ② | 被干渉許容値 | -121.3dBm |
| ③ | 所要結合損 ①-② | 147.31dB |
| | 受信局仕様 | |
| | 受信給電線損失 | 0dB |
| | 受信空中線利得 | 2.1dB |
| ④ | 調査モデル結合量 | 2.14dB |
| ⑤ | 所要改善量 ③+④ | 149.45dB |
| ⑥ | 所要離隔距離 | 1,771.60km |
| | 自由空間 | |
| | 奥村-素モデル | 近似式の条件: 通信距離: 1km~20km, 無人機高度: 30m~200m, 受信局高度: 1m~10m |
| | 無人機高度 | 受信局高度 【開放地】 【郊外】 【中小都市】 【大都市】 <400MHz >400MHz |
| 150m | 10m | 634.06km 169.74km 92.58km 51.63km 44.94km |
| | 9m | 538.98km 144.28km 78.70km 48.31km 42.96km |
| | 8m | 458.16km 122.65km 66.90km 45.00km 40.90km |
| | 7m | 389.46km 104.26km 56.87km 41.67km 38.74km |
| | 6m | 331.06km 88.62km 48.34km 38.34km 36.46km |
| | 5m | 281.42km 75.34km 41.09km 35.00km 34.03km |
| | 4m | 239.22km 64.04km 34.93km 31.63km 31.41km |
| | 3m | 203.35km 54.44km 29.69km 28.24km 28.52km |
| | 2m | 172.86km 46.27km 25.24km 24.89km 25.20km |
| | 1m | 146.94km 39.34km 21.46km 21.93km 21.12km |

| No. | 項目 | 内容 |
|------|-------------|--|
| | 周波数 | 400MHz |
| | 無人機 送信仕様 | |
| | 送信空中線電力 | 0.2W |
| | 隣接チャネル漏洩抑圧量 | -7.0dB |
| | 送信給電線損失 | 0.0dB |
| | 送信空中線利得 | 3dB |
| | 送信EIRP | -60.98dBW |
| ① | 与干渉量 | -30.98dBm |
| ② | 被干渉許容値 | -121.3dBm |
| ③ | 所要結合損 ①-② | 90.32dB |
| | 受信局仕様 | |
| | 受信給電線損失 | 0dB |
| | 受信空中線利得 | 2.1dB |
| ④ | 調査モデル結合量 | 2.14dB |
| ⑤ | 所要改善量 ③+④ | 92.46dB |
| ⑥ | 所要離隔距離 | 2.51km |
| | 自由空間 | |
| | 奥村-素モデル | 近似式の条件: 通信距離: 1km~20km, 無人機高度: 30m~200m, 受信局高度: 1m~10m |
| | 無人機高度 | 受信局高度 【開放地】 【郊外】 【中小都市】 【大都市】 <400MHz >400MHz |
| 150m | 10m | 8.76km 2.35km 1.28km 0.71km 0.62km |
| | 9m | 7.45km 1.99km 1.09km 0.67km 0.59km |
| | 8m | 6.33km 1.69km 0.92km 0.62km 0.57km |
| | 7m | 5.38km 1.44km 0.79km 0.58km 0.54km |
| | 6m | 4.57km 1.22km 0.67km 0.53km 0.50km |
| | 5m | 3.89km 1.04km 0.57km 0.48km 0.47km |
| | 4m | 3.31km 0.88km 0.48km 0.44km 0.43km |
| | 3m | 2.81km 0.75km 0.41km 0.39km 0.39km |
| | 2m | 2.39km 0.64km 0.35km 0.34km 0.35km |
| | 1m | 2.03km 0.54km 0.30km 0.30km 0.29km |

無人機-小電力セキュリティシステム無線への与干渉

【帯域外干渉】



| No. | 項目 | 内容 |
|------|-------------|--|
| | 周波数 | 400MHz |
| | 無人機 送信仕様 | |
| | 送信空中線電力 | 0.2W |
| | 隣接チャネル漏洩抑圧量 | -7.0dB |
| | 送信給電線損失 | 0.0dB |
| | 送信空中線利得 | 3dB |
| | 送信EIRP | -3.99dBW |
| ① | 与干渉量 | 26.01dBm |
| ② | 被干渉許容値 | -67dBm |
| ③ | 所要結合損 ①-② | 93.01dB |
| | 受信局仕様 | |
| | 受信給電線損失 | 0dB |
| | 受信空中線利得 | 2.1dB |
| ④ | 調査モデル結合量 | 2.14dB |
| ⑤ | 所要改善量 ③+④ | 95.15dB |
| ⑥ | 所要離隔距離 | 3.41km |
| | 自由空間 | |
| | 奥村-素モデル | 近似式の条件: 通信距離: 1km~20km, 無人機高度: 30m~200m, 受信局高度: 1m~10m |
| | 無人機高度 | 受信局高度 【開放地】 【郊外】 【中小都市】 【大都市】 <400MHz >400MHz |
| 150m | 10m | 10.72km 2.87km 1.57km 0.87km 0.76km |
| | 9m | 9.12km 2.44km 1.33km 0.82km 0.73km |
| | 8m | 7.75km 2.07km 1.13km 0.76km 0.69km |
| | 7m | 6.59km 1.76km 0.96km 0.70km 0.66km |
| | 6m | 5.60km 1.50km 0.82km 0.65km 0.62km |
| | 5m | 4.76km 1.27km 0.69km 0.59km 0.58km |
| | 4m | 4.05km 1.08km 0.59km 0.53km 0.53km |
| | 3m | 3.44km 0.92km 0.50km 0.48km 0.48km |
| | 2m | 2.92km 0.78km 0.43km 0.42km 0.43km |
| | 1m | 2.48km 0.67km 0.36km 0.37km 0.36km |

20 無線電話（特定小電力トランシーバ）

無人機-特定小電力トランシーバへの与干渉

【同一波干渉】



無人機-特定小電力トランシーバへの与干渉

【隣接波干渉】



| No. | 項目 | 内容 |
|------|--------------|--|
| | 周波数 | 400MHz |
| | 無人機 送信仕様 | |
| | 送信空中線電力 | 0.2W |
| | 隣接チャンネル漏洩抑圧量 | -7.0dB |
| | 送信給電線損失 | 0.0dB |
| | 送信空中線利得 | 3.0dB |
| | 送信EIRP | -3.99dBW |
| ① | 与干渉量 | 26.01dBm |
| ② | 被干渉許容値 | -116.0dBm |
| ③ | 所要結合損 ①-② | 142.01dB |
| | 受信局仕様 | |
| | 受信給電線損失 | 0.0dB |
| | 受信空中線利得 | 2.1dB |
| ④ | 調査モデル結合量 | 2.14dB |
| ⑤ | 所要改善量 ③+④ | 144.15dB |
| ⑥ | 所要離隔距離 | 962.42km |
| | 自由空間 | |
| | 奥村-素モデル | 近似式の条件: 通信距離: 1km~20km, 無人機高度: 30m~200m, 受信局高度: 1m~10m |
| | 無人機高度 | 受信局高度 【開放地】 【郊外】 【中小都市】 【大都市】 <400MHz >400MHz |
| 150m | 10m | 425.78km 113.98km 62.17km 34.67km 30.18km |
| | 9m | 361.94km 96.89km 52.85km 32.44km 28.85km |
| | 8m | 307.67km 82.36km 44.92km 30.22km 27.46km |
| | 7m | 261.53km 70.01km 38.19km 27.99km 26.01km |
| | 6m | 222.32km 59.51km 32.46km 25.75km 24.48km |
| | 5m | 188.98km 50.59km 27.59km 23.50km 22.85km |
| | 4m | 160.64km 43.00km 23.46km 21.24km 21.09km |
| | 3m | 136.55km 36.56km 19.94km 18.97km 19.15km |
| | 2m | 116.08km 31.07km 16.95km 16.71km 16.92km |
| | 1m | 98.67km 26.41km 14.41km 14.72km 14.18km |

| No. | 項目 | 内容 |
|------|--------------|--|
| | 周波数 | 400MHz |
| | 無人機 送信仕様 | |
| | 送信空中線電力 | 0.2W |
| | 隣接チャンネル漏洩抑圧量 | -60.0dB 受信帯域幅= 8.5kHz 帯域換算値= 0.26dB |
| | 送信給電線損失 | 0.0dB |
| | 送信空中線利得 | 3.0dB |
| | 送信EIRP | -63.73dBW |
| ① | 与干渉量 | -33.73dBm |
| ② | 被干渉許容値 | -116.0dBm |
| ③ | 所要結合損 ①-② | 82.27dB |
| | 受信局仕様 | |
| | 受信給電線損失 | 0.0dB |
| | 受信空中線利得 | 2.1dB |
| ④ | 調査モデル結合量 | 2.14dB |
| ⑤ | 所要改善量 ③+④ | 84.41dB |
| ⑥ | 所要離隔距離 | 0.99km |
| | 自由空間 | |
| | 奥村-素モデル | 近似式の条件: 通信距離: 1km~20km, 無人機高度: 30m~200m, 受信局高度: 1m~10m |
| | 無人機高度 | 受信局高度 【開放地】 【郊外】 【中小都市】 【大都市】 <400MHz >400MHz |
| 150m | 10m | 4.79km 1.28km 0.70km 0.39km 0.34km |
| | 9m | 4.07km 1.09km 0.59km 0.36km 0.32km |
| | 8m | 3.46km 0.93km 0.50km 0.34km 0.31km |
| | 7m | 2.94km 0.79km 0.43km 0.31km 0.29km |
| | 6m | 2.50km 0.67km 0.36km 0.29km 0.28km |
| | 5m | 2.12km 0.57km 0.31km 0.26km 0.26km |
| | 4m | 1.81km 0.48km 0.26km 0.24km 0.24km |
| | 3m | 1.53km 0.41km 0.22km 0.21km 0.22km |
| | 2m | 1.30km 0.35km 0.19km 0.19km 0.19km |
| | 1m | 1.11km 0.30km 0.16km 0.17km 0.16km |

無人機-特定小電力トランシーバへの与干渉

【帯域外干渉】



| No. | 項目 | 内容 |
|------|--------------|--|
| | 周波数 | 400MHz |
| | 無人機 送信仕様 | |
| | 送信空中線電力 | 0.2W |
| | 隣接チャンネル漏洩抑圧量 | -7.0dB |
| | 送信給電線損失 | 0.0dB |
| | 送信空中線利得 | 3.0dB |
| | 送信EIRP | -3.99dBW |
| ① | 与干渉量 | 26.01dBm |
| ② | 被干渉許容値 | -64.0dBm |
| ③ | 所要結合損 ①-② | 90.01dB |
| | 受信局仕様 | |
| | 受信給電線損失 | 0.0dB |
| | 受信空中線利得 | 2.1dB |
| ④ | 調査モデル結合量 | 2.14dB |
| ⑤ | 所要改善量 ③+④ | 92.15dB |
| ⑥ | 所要離隔距離 | 2.42km |
| | 自由空間 | |
| | 奥村-素モデル | 近似式の条件: 通信距離: 1km~20km, 無人機高度: 30m~200m, 受信局高度: 1m~10m |
| | 無人機高度 | 受信局高度 【開放地】 【郊外】 【中小都市】 【大都市】 <400MHz >400MHz |
| 150m | 10m | 8.56km 2.29km 1.25km 0.70km 0.61km |
| | 9m | 7.28km 1.95km 1.06km 0.65km 0.58km |
| | 8m | 6.18km 1.66km 0.90km 0.61km 0.55km |
| | 7m | 5.26km 1.41km 0.77km 0.56km 0.52km |
| | 6m | 4.47km 1.20km 0.65km 0.52km 0.49km |
| | 5m | 3.80km 1.02km 0.55km 0.47km 0.46km |
| | 4m | 3.23km 0.86km 0.47km 0.43km 0.42km |
| | 3m | 2.75km 0.73km 0.40km 0.38km 0.38km |
| | 2m | 2.33km 0.62km 0.34km 0.34km 0.34km |
| | 1m | 1.98km 0.53km 0.29km 0.30km 0.29km |

21 無線呼出(ポケベル)

無人機-無線呼出(ポケベル)への与干渉

【同一波干渉】



無人機-無線呼出(ポケベル)への与干渉

【隣接波干渉】



| No. | 項目 | 内容 |
|------|-------------|--|
| | 周波数 | 400MHz |
| | 無人機 送信仕様 | |
| | 送信空中線電力 | 0.2W |
| | 隣接チャネル漏洩抑圧量 | -7.0dB |
| | 送信給電線損失 | 0.0dB |
| | 送信空中線利得 | 3.0dB |
| | 送信EIRP | -3.99dBW |
| ① | 与干渉量 | 26.01dBm |
| ② | 被干渉許容値 | -100.4dBm |
| ③ | 所要結合損 ①-② | 126.41dB |
| | 受信局仕様 | |
| | 受信給電線損失 | 0.0dB |
| | 受信空中線利得 | 2.1dB |
| ④ | 調査モデル結合量 | 2.14dB |
| ⑤ | 所要改善量 ③+④ | 128.55dB |
| ⑥ | 所要離隔距離 | |
| | 自由空間 | 159.72km |
| | 奥村-秦モデル | 近似式の条件: 通信距離: 1km~20km, 無人機高度: 30m~200m, 受信局高度: 1m~10m |
| | 無人機高度 | 受信局高度 【開放地】 【郊外】 【中小都市】 【大都市】 <400MHz >400MHz |
| 150m | 10m | 131.87km 35.30km 19.26km 10.74km 9.35km |
| | 9m | 112.10km 30.01km 16.37km 10.05km 8.93km |
| | 8m | 95.29km 25.51km 13.91km 9.36km 8.51km |
| | 7m | 81.00km 21.68km 11.83km 8.67km 8.06km |
| | 6m | 68.86km 18.43km 10.05km 7.97km 7.58km |
| | 5m | 58.53km 15.67km 8.55km 7.28km 7.08km |
| | 4m | 49.75km 13.32km 7.26km 6.58km 6.53km |
| | 3m | 42.29km 11.32km 6.18km 5.87km 5.93km |
| | 2m | 35.95km 9.62km 5.25km 5.18km 5.24km |
| | 1m | 30.56km 8.18km 4.46km 4.56km 4.39km |

| No. | 項目 | 内容 |
|------|-------------|--|
| | 周波数 | 400MHz |
| | 無人機 送信仕様 | |
| | 送信空中線電力 | 0.2W |
| | 隣接チャネル漏洩抑圧量 | -7.0dB |
| | 送信給電線損失 | 0.0dB |
| | 送信空中線利得 | 3.0dB |
| | 送信EIRP | -63.73dBW |
| ① | 与干渉量 | -33.73dBm |
| ② | 被干渉許容値 | -100.4dBm |
| ③ | 所要結合損 ①-② | 66.67dB |
| | 受信局仕様 | |
| | 受信給電線損失 | 0.0dB |
| | 受信空中線利得 | 2.1dB |
| ④ | 調査モデル結合量 | 2.14dB |
| ⑤ | 所要改善量 ③+④ | 68.81dB |
| ⑥ | 所要離隔距離 | |
| | 自由空間 | 0.16km |
| | 奥村-秦モデル | 近似式の条件: 通信距離: 1km~20km, 無人機高度: 30m~200m, 受信局高度: 1m~10m |
| | 無人機高度 | 受信局高度 【開放地】 【郊外】 【中小都市】 【大都市】 <400MHz >400MHz |
| 150m | 10m | 1.48km 0.40km 0.22km 0.12km 0.11km |
| | 9m | 1.26km 0.34km 0.18km 0.11km 0.10km |
| | 8m | 1.07km 0.29km 0.16km 0.11km 0.10km |
| | 7m | 0.91km 0.24km 0.13km 0.10km 0.09km |
| | 6m | 0.77km 0.21km 0.11km 0.09km 0.09km |
| | 5m | 0.66km 0.18km 0.10km 0.08km 0.08km |
| | 4m | 0.56km 0.15km 0.08km 0.07km 0.07km |
| | 3m | 0.48km 0.13km 0.07km 0.07km 0.07km |
| | 2m | 0.40km 0.11km 0.06km 0.06km 0.06km |
| | 1m | 0.34km 0.09km 0.05km 0.05km 0.05km |

無人機-無線呼出(ポケベル)への与干渉

【帯域外干渉】



| No. | 項目 | 内容 |
|------|-------------|--|
| | 周波数 | 400MHz |
| | 無人機 送信仕様 | |
| | 送信空中線電力 | 0.2W |
| | 隣接チャネル漏洩抑圧量 | -7.0dB |
| | 送信給電線損失 | 0.0dB |
| | 送信空中線利得 | 3.0dB |
| | 送信EIRP | -3.99dBW |
| ① | 与干渉量 | 26.01dBm |
| ② | 被干渉許容値 | -64.0dBm |
| ③ | 所要結合損 ①-② | 90.01dB |
| | 受信局仕様 | |
| | 受信給電線損失 | 0.0dB |
| | 受信空中線利得 | 2.1dB |
| ④ | 調査モデル結合量 | 2.14dB |
| ⑤ | 所要改善量 ③+④ | 92.15dB |
| ⑥ | 所要離隔距離 | |
| | 自由空間 | 2.42km |
| | 奥村-秦モデル | 近似式の条件: 通信距離: 1km~20km, 無人機高度: 30m~200m, 受信局高度: 1m~10m |
| | 無人機高度 | 受信局高度 【開放地】 【郊外】 【中小都市】 【大都市】 <400MHz >400MHz |
| 150m | 10m | 8.56km 2.29km 1.25km 0.70km 0.61km |
| | 9m | 7.28km 1.95km 1.06km 0.65km 0.58km |
| | 8m | 6.18km 1.66km 0.90km 0.61km 0.55km |
| | 7m | 5.26km 1.41km 0.77km 0.56km 0.52km |
| | 6m | 4.47km 1.20km 0.65km 0.52km 0.49km |
| | 5m | 3.80km 1.02km 0.55km 0.47km 0.46km |
| | 4m | 3.23km 0.86km 0.47km 0.43km 0.42km |
| | 3m | 2.75km 0.73km 0.40km 0.38km 0.38km |
| | 2m | 2.33km 0.62km 0.34km 0.34km 0.34km |
| | 1m | 1.98km 0.53km 0.29km 0.30km 0.29km |

24 アナログ簡易無線

無人機→アナログ簡易無線局への与干渉

【同一波干渉】



無人機→アナログ簡易無線局への与干渉

【隣接波干渉】



| No. | 項目 | 内容 |
|------|--------------|--|
| | 周波数 | 400MHz |
| | 無人機 送信仕様 | |
| | 送信空中線電力 | 0.2W |
| | 隣接チャンネル漏洩抑圧量 | -7.0dB |
| | 送信給電線損失 | 0.0dB |
| | 送信空中線利得 | 3.0dB |
| | 送信EIRP | -3.99dBW |
| ① | 与干渉量 | 26.01dBm |
| ② | 被干渉許容値 | -116.0dBm |
| ③ | 所要結合損 ①-② | 142.01dB |
| | 受信局仕様 | |
| | 受信給電線損失 | 0.0dB |
| | 受信空中線利得 | 2.1dB |
| ④ | 調査モデル結合量 | 2.14dB |
| ⑤ | 所要改善量 ③+④ | 144.15dB |
| ⑥ | 所要離隔距離 | 962.42km |
| | 自由空間 | |
| | 奥村-素モデル | 近似式の条件: 通信距離: 1km~20km, 無人機高度: 30m~200m, 受信局高度: 1m~10m |
| | 無人機高度 | 受信局高度 【開放地】 【郊外】 【中小都市】 【大都市】 <400MHz >400MHz |
| 150m | 10m | 425.78km 113.98km 62.17km 34.67km 30.18km |
| | 9m | 361.94km 96.89km 52.85km 32.44km 28.85km |
| | 8m | 307.67km 82.36km 44.92km 30.22km 27.46km |
| | 7m | 261.53km 70.01km 38.19km 27.99km 26.01km |
| | 6m | 222.32km 59.51km 32.46km 25.75km 24.48km |
| | 5m | 188.98km 50.59km 27.59km 23.50km 22.85km |
| | 4m | 160.64km 43.00km 23.46km 21.24km 21.09km |
| | 3m | 136.55km 36.56km 19.94km 18.97km 19.15km |
| | 2m | 116.08km 31.07km 16.95km 16.71km 16.92km |
| | 1m | 98.67km 26.41km 14.41km 14.72km 14.18km |

| No. | 項目 | 内容 |
|------|--------------|--|
| | 周波数 | 400MHz |
| | 無人機 送信仕様 | |
| | 送信空中線電力 | 0.2W |
| | 隣接チャンネル漏洩抑圧量 | -7.0dB |
| | 送信給電線損失 | 0.0dB |
| | 送信空中線利得 | 3.0dB |
| | 送信EIRP | -63.73dBW |
| ① | 与干渉量 | -33.73dBm |
| ② | 被干渉許容値 | -116.0dBm |
| ③ | 所要結合損 ①-② | 82.27dB |
| | 受信局仕様 | |
| | 受信給電線損失 | 0.0dB |
| | 受信空中線利得 | 2.1dB |
| ④ | 調査モデル結合量 | 2.14dB |
| ⑤ | 所要改善量 ③+④ | 84.41dB |
| ⑥ | 所要離隔距離 | 0.99km |
| | 自由空間 | |
| | 奥村-素モデル | 近似式の条件: 通信距離: 1km~20km, 無人機高度: 30m~200m, 受信局高度: 1m~10m |
| | 無人機高度 | 受信局高度 【開放地】 【郊外】 【中小都市】 【大都市】 <400MHz >400MHz |
| 150m | 10m | 4.79km 1.28km 0.70km 0.39km 0.34km |
| | 9m | 4.07km 1.09km 0.59km 0.36km 0.32km |
| | 8m | 3.46km 0.93km 0.50km 0.34km 0.31km |
| | 7m | 2.94km 0.79km 0.43km 0.31km 0.29km |
| | 6m | 2.50km 0.67km 0.36km 0.29km 0.28km |
| | 5m | 2.12km 0.57km 0.31km 0.26km 0.26km |
| | 4m | 1.81km 0.48km 0.26km 0.24km 0.24km |
| | 3m | 1.53km 0.41km 0.22km 0.21km 0.22km |
| | 2m | 1.30km 0.35km 0.19km 0.19km 0.19km |
| | 1m | 1.11km 0.30km 0.16km 0.17km 0.16km |

無人機→アナログ簡易無線局への与干渉

【帯域外干渉】



| No. | 項目 | 内容 |
|------|--------------|--|
| | 周波数 | 400MHz |
| | 無人機 送信仕様 | |
| | 送信空中線電力 | 0.2W |
| | 隣接チャンネル漏洩抑圧量 | -7.0dB |
| | 送信給電線損失 | 0.0dB |
| | 送信空中線利得 | 3.0dB |
| | 送信EIRP | -3.99dBW |
| ① | 与干渉量 | 26.01dBm |
| ② | 被干渉許容値 | -44.0dBm |
| ③ | 所要結合損 ①-② | 70.01dB |
| | 受信局仕様 | |
| | 受信給電線損失 | 0.0dB |
| | 受信空中線利得 | 2.1dB |
| ④ | 調査モデル結合量 | 2.14dB |
| ⑤ | 所要改善量 ③+④ | 72.15dB |
| ⑥ | 所要離隔距離 | 0.24km |
| | 自由空間 | |
| | 奥村-素モデル | 近似式の条件: 通信距離: 1km~20km, 無人機高度: 30m~200m, 受信局高度: 1m~10m |
| | 無人機高度 | 受信局高度 【開放地】 【郊外】 【中小都市】 【大都市】 <400MHz >400MHz |
| 150m | 10m | 1.90km 0.51km 0.28km 0.16km 0.13km |
| | 9m | 1.62km 0.43km 0.24km 0.15km 0.13km |
| | 8m | 1.38km 0.37km 0.20km 0.14km 0.12km |
| | 7m | 1.17km 0.31km 0.17km 0.13km 0.12km |
| | 6m | 0.99km 0.27km 0.15km 0.12km 0.11km |
| | 5m | 0.85km 0.23km 0.12km 0.11km 0.10km |
| | 4m | 0.72km 0.19km 0.10km 0.10km 0.09km |
| | 3m | 0.61km 0.16km 0.09km 0.08km 0.09km |
| | 2m | 0.52km 0.14km 0.08km 0.07km 0.08km |
| | 1m | 0.44km 0.12km 0.06km 0.07km 0.06km |