

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 RemoteID 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（奥村一秦モデルの計算過程）	89

図目次

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	本システムの実出力ログ	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