

## ＜基本計画書＞

### 5. 7GHz 帯における高効率周波数利用技術の研究開発

#### 1. 目的

近年、災害現場における正確な状況確認や、建機の遠隔操作による無人化施工、橋梁等の大規模インフラの効率的な点検、イベント会場における効率的な警備、多様な視点からの映像コンテンツの制作現場等において、カメラを搭載した移動体からの超高精細な 4K 映像や、2K 映像×4 方向（前後左右）のリアルタイム無線伝送と、カメラ等の遠隔制御に係る無線伝送を、同一エリア内で同一システムの運用を阻害するような混信等を与えずに、同時に 10 台程度が安定して利用可能な技術の実現が期待されているところである。

これら移動体からの無線伝送では、主に 5.7GHz 帯無人移動体画像伝送システム（割当周波数幅：105MHz）が利用されているが、最新技術<sup>（※1）</sup>では 4K 映像の無線伝送が困難である他、当該周波数帯は無線 LAN 等の様々な無線システムが稠密に利用されており、新たに利用可能な周波数を拡大することも困難な状況である。

以上のことから、本研究開発において、移動体からの安定的かつ大容量のリアルタイム無線伝送に最適な伝送容量拡大技術や、上り/下りを同一周波数帯で送受信する全二重通信技術の他、マルチパス等耐性技術を確立し、周波数利用効率を最新技術<sup>（※1）</sup>より約 4 倍程度向上させることで、5.7GHz 帯の周波数の更なる有効利用を促進することを目的とする。

（※1）電波資源拡大のための研究開発「小型高速移動体からの大容量高精細映像リアルタイム無線伝送技術の研究開発」（平成 27～29 年度）において、5.7GHz 帯無人移動体画像伝送システムについて、占有周波数帯幅が 1ch 当たり 5MHz 以下で 2K/60i 映像のリアルタイム無線伝送技術を確立。

#### 2. 政策的位置付け

- 「未来投資戦略 2018」（平成 30 年 6 月 15 日 閣議決定）
  - I. Society 5.0 の実現に向けて今後取り組む重点分野と、変革の牽引力となる「フラッグシップ・プロジェクト」等
    - 1. 次世代モビリティ・システムの構築
      - iv) 次世代モビリティ・システムの構築に向けた新たな取組
    - 3. 次世代産業システム
      - i) モノのサービス化・ソリューション化
        - ・ 小型無人機について、本年度からの山間部等での荷物配送等の本格展開に向け、航空法に基づく許可・承認の審査要領の早期改訂等を行う。また、2020 年代には都市部での荷物配送等を本格展開させるため、本年度から第三者上空飛行の要件の検討を開始すると共に、電波利用の在り方の検討や福島ロボットテストフィールドを活用した複

数機体の運航管理と衝突回避の技術開発等を進める。併せて、福島イノベーション・コースト構想を推進し、企業誘致を通じた産業集積や人材育成の加速化を進める。

- 「空の産業革命に向けたロードマップ」（平成30年6月15日 小型無人機に係る環境整備に向けた官民協議会決定）

### 3. 技術開発

#### (1) レベル3、4に向けた技術開発

レベル3、4の飛行による利活用の本格化に向けては、目視を代替する機能の実現（Ⅰ）及び第三者に対する安全性の確保（Ⅱ）といった小型無人機の機能や性能を実現するための技術開発に取り組む必要がある。

##### I. 目視を代替する機能の実現

操縦者又は補助者による目視を代替し同等の安全性を確保するための機能として、次のⅰ、ⅱの機能を実現する必要がある。また、それらの実現には電波の利用技術も必要となる。

##### ⅰ. 機体状態の把握と対応

目視に代わり自機の状態（位置、進路、姿勢、高度、速度、異常の有無等）を把握し安全に飛行するよう制御する。

##### ⅱ. 周辺環境の把握と対応

目視に代わり空中及び地上の物件等（航空機、小型無人機、地形、樹木、構造物及び人等）の存在を把握し衝突を防止するとともに、周囲の気象（風、雨及び雲等）等の状況の変化を把握し運用制限からの逸脱を防止する。

### 4. 環境整備

#### (10) 電波利用の環境整備

2016年度に改正した制度の運用を推進するとともに、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。また、小型無人機による携帯電話等の上空利用については、その性能評価や国際標準化に対応し、国内制度等の整備と新制度の運用につなげる。

### 3. 目標

本研究開発では、上述の社会的期待に応えるため、既存の5.7GHz帯無人移動体画像伝送システム（割当周波数幅：105MHz）について、移動体からの無線伝送に最適な、伝送容量拡大技術や上り/下りを同一周波数帯で送受信する全二重通信技術の他、マルチパス等耐性技術を確立し、周波数利用効率を最新技術<sup>(※1)</sup>より約4倍程度向上させることを目標とする。具体的には、以下のとおり。

項目	目標
同一周波数帯による送受信	5.7GHz帯の無人移動体画像伝送システムの周波数

の実現	において、上り回線（映像伝送用）と下り回線（制御用）で同一周波数帯を使用した全二重通信を実現。
伝送容量の拡大	上り回線（1ch：10MHz 幅）で 4K/60p 映像（又は 2K/60p×4 カメラ合成映像）の伝送とともに、下り回線で同一周波数帯による制御情報の伝送も実現。
同一エリア内で同時使用可能な台数の拡大	同一エリア内で同一システムの運用を阻害するような混信等を与えずに、10 台（10ch）程度の同時使用（上り/下り回線の同時使用）を実現
遅延時間の向上	リアルタイム伝送（100ms 以下）を実現
移動受信の向上	100km/h でも安定したリアルタイム伝送を実現
伝送距離の確保	送信出力 1 W以下で 5 km 程度の無線伝送を実現
伝送耐性の向上	フェージングやマルチパス等がある環境下でも安定した伝送を実現
消費電力等の向上	小型バッテリーを搭載した無人移動体で使用可能な小型・軽量・省電力化を実現

#### 4. 研究開発内容

##### (1) 概要

上述の目標を達成するため、限られた周波数帯で大容量の映像をリアルタイムで無線伝送するために必要な伝送容量拡大技術や、上り/下りを同一周波数帯で送受信するために必要な自己干渉除去等を含む全二重通信技術の他、マルチパス等が発生する電波伝搬状況下においても、安定した送受信を実現する技術について研究開発を行うとともに、同一周波数帯を使用する他の無線システムとも共用可能な技術を検討し、5.7GHz 帯における高効率な周波数利用技術の確立を図る。

本技術については、既存技術を応用できるものについては、それをベースとし、小型で高速移動する無人移動体の動作特性、搭載環境及び電波利用環境に適応した技術として新たに開発する。

##### (2) 技術課題

###### ア. 伝送容量拡大技術の研究開発

5.7GHz 帯の中で、無人移動体画像伝送システムの割当周波数幅は 105MHz あるが、この周波数を使用して 4K/60p 映像のリアルタイム無線伝送を行った場合、4K/60p 映像の情報量が 2K/60i 映像の情報量の 8 倍（解像度で 4 倍、インターレース方式からプログレッシブ方式にすることで 2 倍）となるため、最新技術<sup>(※1)</sup>では占有周波数帯幅が 1ch 当たり 40MHz 以上必要となる。そのため、同一エリア内では同時に 2 台しか使用できず、要求条件である 10

台程度の同時使用が不可能である。

これを実現するためには、占有周波数帯幅を1ch当たり10MHz以下で超高精細度映像を伝送できる技術確立することが求められ、伝送容量の拡大技術と伝送情報量の圧縮技術の研究開発を行う必要がある。

伝送容量の拡大技術については、変調方式や通信方式等について、省電力・低遅延でかつ伝送耐性の高い技術の開発を行う他、伝送情報量の圧縮技術については、映像符号化について、省電力かつ低遅延で実現する技術等の開発により高度化を図る。

なお、本技術については、既存技術をベースとし、小型で高速移動する無人移動体の動作特性、搭載環境及び電波利用環境に適応した技術として新たに開発する。

また、本技術課題は、後述する技術課題イ及びウと密接に関係することから、課題間で連携をとった研究開発を実施すること。

#### イ. 送受同一周波数帯を使用した全二重通信技術の研究開発

無人移動体に搭載した撮影用のカメラ等を制御するには、下り回線(制御用)が必要であるが、現状5.7GHz帯は無線LAN等様々な無線システムで稠密に利用されており、新たな周波数確保が困難であること、また、装置の小型・軽量化のためには送受信用アンテナの共用が必要であることから、送受信時の自己干渉除去技術等の研究開発により、現行の無人移動体画像伝送システムの周波数帯を使用して、上り/下り回線を同一周波数帯で送受信できる全二重通信を実現し、複数の無人移動体運用時における周波数利用効率の向上を図る。

また、実現にあたり、同じ周波数帯域を使用する無線LANやDSRC(狭域通信)システム等他の無線システムと共用可能な技術等についても検討するとともに、複数の無人移動体間における干渉等についても検討する。

#### ウ. マルチパス耐性向上技術の研究開発

大容量の超高精細度映像を多値変調により無線伝送する場合でも、フェージングやマルチパス、ドップラーシフト等による受信レベルの悪化や、キャリア間干渉の発生による伝送品質の低下等を抑制するため、伝送耐性の強い高度な変調方式の適用や、電波伝搬状況に応じて上り回線(映像伝送用)のガードインターバル比や受信アンテナの指向性を動的に変化させる技術の研究開発を行い、マルチパス耐性等の向上を図る。

なお、本技術については、既存技術をベースとし、小型で高速移動する無人移動体の動作特性、搭載環境及び電波利用環境に適応した技術として新たに開発する。

### (3) 到達目標

#### ア. 伝送容量拡大技術の研究開発

- a. 多重伝送技術の確立
    - ・ 高速移動する無人移動体などからの多重信号を的確に識別する技術の開発。
    - ・ 多重方式の採用に伴う消費電力増を改善する通信方式の開発。
    - ・ 上り回線（映像伝送用）の送信出力を下り回線（制御用）の受信強度に応じて制御する機能の開発。
  - b. 高多値変調技術の確立
    - ・ 高多値変調による所要 CN の増加に係る対策技術の開発。
    - ・ リアルタイム性を確保した、誤り訂正能力の高い符号方式の開発。
  - c. 高度な映像符号化技術の確立
    - ・ 符号化効率の高い方式で、かつ、小型・低消費電力・低遅延時間を実現する技術の開発。
    - ・ 移動伝送時において瞬断が発生した場合の復帰時間を短縮させる復号技術の開発。
- イ. 送受同一周波数帯を使用した全二重通信技術の研究開発
- a. 送受信時の自己干渉除去技術の確立
    - ・ 下り回線（制御用）を上り回線（映像伝送用）と同一周波数帯で確保する技術として、全二重通信を実現する技術の開発。
    - ・ 自己干渉除去技術として、下り回線（制御用）に伝送耐性の高い通信方式を適用し、周波数領域等化に自己干渉除去機能を実装した技術の開発。
  - b. 他の無線システムと共用可能な技術等の確立
    - ・ 同一周波数帯を使用する、無線 LAN や DSRC（狭域通信）システム等との干渉を回避し共用するための技術の開発。
    - ・ 同一エリア内で複数の無人移動体を運用する場合に周波数利用効率を低下させない技術の開発
- ウ. マルチパス耐性向上技術の研究開発
- a. 受信アンテナの指向性の動的制御技術の確立
    - ・ 上り回線（映像伝送用）の受信に際して、映像伝送する移動体の位置情報を 3 次元で把握し、受信アンテナの指向性を動的に制御する技術の確立。
  - b. ガードインターバル長の動的な制御技術の確立
    - ・ 上り回線（映像伝送用）について、マルチパス等の電波伝搬状況や伝搬距離に応じて、最適なガードインターバル長を動的に制御する技術の確立。

以上の技術と同等以上の技術を確立することにより、次の目標を達成する。

- ・ 5.7GHz 帯無線移動体画像伝送システムの割当周波数幅（105MHz）において、占有周波数帯幅 10MHz 以下で、ビットレート 40Mbps 程度の超高精細 4K/60P（若しくは 2K/60p×4 方向）映像のリアルタイム無線伝送の実現（遅延時間 100ms 以下）。
- ・ 同一エリア内において同一システムの運用を阻害するような混信等を与えず、10 台（10ch）程度の同時使用の実現。
- ・ 消費電力 20VA 以下、容積 800cc 以下、重量 1kg 以下の送信装置の実現。
- ・ 5.7GHz 帯無線移動体画像伝送システムの割当周波数幅（105MHz）において、上り回線（映像伝送用）使用中に、同一周波数帯で 200kbps 程度の下り回線（制御用）を確保し、搭載カメラ等の遠隔制御の実現。
- ・ 無線 LAN 等の他の無線システムと共用可能な技術の実現。
- ・ フェージングやマルチパス等がある悪環境下でも安定した無線伝送の実現。
- ・ 移動速度 100km/h でも安定した無線伝送の実現。
- ・ 送信出力 1W 以下で、無線伝送距離 5 km 程度の実現。

なお、上記の目標を達成するに当たっての年度ごとの目標については、以下の例を想定しているが、提案する研究計画に合わせて設定して良い。

（例）

<2019 年度>

主に基本設計とシミュレーションを実施する。

ア. 伝送容量拡大技術の開発

映像伝送用送受信機の基本設計及び測定器ベースでの簡易装置で評価を行い、各種パラメータ等を検討する。

イ. 送受信同一周波数全二重通信の開発

基本設計及びシミュレーションで各種パラメータ等を検討する。

ウ. マルチパス耐性向上の開発

アンテナについては基本設計及び試作機を開発し、評価する。高伝送耐性の通信方式について、シミュレーションで各種パラメータ等を検討する。

<2020 年度>

詳細設計により各機能別の評価装置を開発し、性能等を評価し、目標性能を実現する。

ア. 伝送容量拡大技術の開発

映像伝送用送受信機、画像コーデック等の評価機を開発し、評価する。

イ. 送受信同一周波数全二重通信の開発

制御用送受信機等の機能評価機を開発し、評価する。

ウ. マルチパス耐性向上の開発

アンテナの評価機と高伝送耐性の通信方式の高度化機能を開発し、評価す

る。

#### <2021 年度>

更に詳細設計を進め、一体化した装置を開発し、様々な伝搬環境下における実証試験により性能等を評価し、到達目標を達成する。

##### ア. 伝送容量拡大技術の開発

映像伝送用送受信機、画像コーデック等一体化の評価機を開発し、評価する。

##### イ. 送受信同一周波数全二重通信の開発

前項の評価機と一体化のものを開発し、評価する。

##### ウ. マルチパス耐性向上の開発

アンテナは前項装置と組合せて評価。高伝送耐性の通信方式の高度化機能は一体化のものを開発し、評価する。

#### 5. 実施期間

2019 年度から 2021 年度までの 3 年間

#### 6. その他

##### (1) 成果の普及展開に向けた取組等

###### ① 国際標準化等への取組

国際競争力の強化を実現するためには、本研究開発の成果を研究期間中及び終了後、速やかに関連する国際標準化規格・機関・団体へ提案を実施することが重要である。このため、研究開発の進捗に合わせて、国際標準への提案活動を行うものとする。なお、提案を想定する国際標準規格・機関・団体及び具体的な標準化活動の計画を策定した上で、提案書に記載すること。

###### ② 実用化への取組

研究開発期間終了後も引き続き取り組む予定の「本研究開発で確立した技術の普及啓発活動」及び 2024 年度までの実用化・製品展開等を実現するために必要な取組を図ることとし、その活動計画・実施方策については、提案書に必ず具体的に記載すること。

##### (2) 提案および研究開発に当たっての留意点

提案に当たっては、基本計画書に記されている目標に対する達成度を評価することが可能な具体的な評価項目を設定し、各評価項目に対して可能な限り数値目標を定めること。また、従来技術との差異を明確にした上で、技術課題及び目標達成に向けた研究方法、実施計画及び年度目標について具体的かつ実効性のある提案を行うこと。

研究開発の実施に当たっては、関連する要素技術間の調整、成果の取りまと

め方等、研究開発全体の方針について幅広い観点から助言を頂くと共に、実際の研究開発の進め方について適宜指導を頂くため、学識経験者、有識者等を含んだ研究開発運営委員会等を開催する等、外部の学識経験者、有識者等を参画させること。

なお、本研究開発において実用的な成果を導出するための共同研究体制又は研究協力体制について、研究計画書の中にできるだけ具体的に記載すること。