

## <基本計画書(案)>

無人航空機システムの周波数効率利用のための通信ネットワーク技術の研究開発

### 1. 目的

近年、我が国を始め諸外国において、農業、インフラ管理、災害対応など様々な分野で無人航空機システム（以下「UAS(Unmanned Aircraft Systems)」という。）を利用したいといったニーズが急激に増加してきている。また、米国では「空の産業革命」とも呼ばれ、平成 35 年（2023 年）までに生み出す UAS の市場規模は、世界で 10 兆円を超えるといった予測も出ている。

このような急速な UAS の需要があっても利用可能な周波数は有限であり、特に上空で利用する UAS は、繰り返し利用することが困難な場合がある。

以上の状況を踏まえ、同一又は近傍の空域で運用される複数の UAS が有限な周波数を効率的に利用するため、同時運用される UAS の台数や周波数帯域幅等の要求に応じて動的に割り当てを行い、複数の UAS が 1 の周波数を共用または連携（以下「共用等」という。）可能な動的時間・空間資源配分技術の研究開発を実施する。

### 2. 政策的位置付け

・「日本再興戦略 改訂 2014」（平成 26 年 6 月 24 日 閣議決定）

「イノベーションの推進と社会的課題解決へのロボット革命」において、「ロボット革命実現会議」を立ち上げ、技術開発や規制緩和により 2020 年までにロボット市場を製造分野で現在の 2 倍、サービスなど非製造分野で 20 倍に拡大する」と旨と記載されている。

・「未来投資に向けた官民対話」（平成 27 年 11 月 5 日 総理発言）

平成 27 年 11 月 5 日に開催された「未来投資に向けた官民対話」において安倍首相から政府方針が示され、日本経済の活性化を図るための新産業育成の代表例として、「小型無人機を使った宅配サービスの 3 年以内の商用化」の目標が示された。

### 3. 目標

1 の周波数を有効かつ効率的に利用して、3 以上の UAS の通信を可能とする動的時間・空間資源配分技術の研究開発に取り組み、周波数の利用効率を 3 倍とする。

その実現にあたっては、3 次元空間移動体の電波伝搬特性のモデル化、必要な画像品質を維持しつつも伝送容量は削減するトラフィック適応映像処理技術、これらの技術を含めて実現する資源割当制御アルゴリズム技術、さらに成果を具現化するために、機体の離陸重量の 10%以下、機体で利用可能な総消費電力の 5%以下に相当する低消費電力かつ小型な通信機器の構築等により実現する。

このような効率的な周波数の利用手法を確立することにより、周波数の有効利用の一層の向上、UAS の様々な分野での利用ニーズの加速化、さらには、UAS の安定

した飛行の確保に寄与する。

#### 4. 研究開発内容

##### (1) 概要

UAS の周波数利用の効率化を図る動的時間・空間資源配分技術を実現するための研究開発を実施する。本技術を活用するための周波数帯は、情報通信審議会技術分科会陸上無線通信委員会（ロボット作業班）で検討の 2.4GHz 帯及び 5GHz 帯を対象とする。ただし、到達目標イは、前述周波数のほか、同委員会で検討した VHF 帯の狭帯域であっても実現可能なものとする。なお、実施にあたり、他のシステムとの共存やセキュリティも考慮する。

##### (2) 技術課題および到達目標

###### 技術課題

###### ア 3次元空間移動体の電波伝搬特性のモデル化

UAS の電波の利用範囲を決定するためには、建物、森林、水面などの遮蔽物や反射物の影響を考慮した電波の干渉量、通信品質等の推定を行う必要がある。

これまで、もっぱら人や車などが通信する地表面を想定した電波伝搬モデルは存在していたが、上空を想定し、3次元空間を移動する無線システムに関する地対空あるいは空対空の電波伝搬モデルはなく、モデル推定のための実測データも存在していない。

そのため、動的時間・空間資源配分技術の実現にむけて、UAS の飛行経路に適した電波の覆域、干渉量、通信品質等の推定への適用のほか、各種通信パラメータ（送信電力、アンテナ方式、変調方式、符号化方式等）にも活用する、「3次元空間移動体の電波伝搬特性のモデル」の確立を行う。

###### イ トラフィック適応映像処理技術の開発

複数の UAS が 1 の周波数を共用等することで、1機の UAS が利用可能なチャネル配置、周波数帯域幅及びタイムスロット（以下、「リソース割当量」という。）は減少する。特に映像伝送は伝送容量が多く、リソース割当量の範囲内で通信を行うためには符号量を減らす必要がある。

しかし、UAS が想定する運用用途（監視・警備、インフラ維持（点検、計測）、災害対策（捜索、状況把握）等）においては、伝送する画像の注視したい範囲が存在するため、映像全体の符号量を一律に減らすことが出来ない。このため、注視する範囲については出来る限り高画質を維持し、注視すべき範囲外については、飛行に必要な範囲で周辺状況が把握できる程度の画質を維持することが必要である。

以上のことから、UAS の運用用途ごとに要求される画質・品質（以下「画質等」という。）に合わせて符号量を減らして伝送容量を削減するトラフィック適応映像処理技術を開発する。

## ウ 資源割当制御アルゴリズムの開発

昨今の急速な UAS の普及により、従来のように 1 機の UAS が 1 波を固定して専有する方法では、有限な周波数の中で、UAS の利用拡大に対して周波数需要を満たしきれない。このため、同一又は近傍の空域で運用される複数の UAS が、1 の周波数を共用等することで、周波数の利用効率を高める必要がある。

各 UAS の要求する伝送容量は、通信の内容によって、機体ごと又は時間ごとに変化するため一律ではない。周波数の共用等にあたっては、機体ごとの異なる要求に対して、リソース割当量を動的に割り当てる必要がある。ただし、その場合、タイムスロットだけでなく伝送容量自体の削減や回線品質に応じた最適な変調方式を選択することも重要である。

このため、上記の 3 次元空間移動体の電波伝搬特性やトラヒック適用映像処理技術を活用しつつ、さらに各機体の伝送に必要な資源の要求を管理し、回線品質、優先順位、電波の覆域等を踏まえて、リソース割当量および変調方式を動的かつ最適に割り当てる資源割当制御アルゴリズムを開発する。なお、これらに作用によって発生する遅延時間も課題となるため、通信内容等に応じて遅延時間を保証する送信制御等の手法を開発する。

## エ 低消費電力・小型化技術の開発

上記で開発した技術を具現化するために、UAS に搭載する通信機器はこれまでの UAS の能力・性能（飛行可能時間、搭載可能重量）を顕著に低下させない重量、消費電力で実現する必要がある。なお、通信機器の小型化や低消費電力化によって、線形性、フィルタ特性の劣化等が原因の不要輻射の増大が懸念される。さらに、技術課題ウの実現に関して、周波数の効率的な利用のために多値変調方式の選択が想定されるが、その場合、増幅回路などによる消費電力の増大や回路の大型化、デジタル処理の演算量増加による消費電力や回路雑音の増大も懸念される。

これらの課題を解決し、小型 UAS に搭載可能な通信機器を実現するための低消費電力・小型化技術を開発する。

## 到達目標

### ア 3次元空間移動体の電波伝搬特性のモデル化

固定翼及び回転翼など 2 種類以上の UAS（最大速度 20m/s 程度）の飛行特性ごとに、地対空、空対空の伝搬経路において、水面、森林・畑及びコンクリートなど 3 種類以上の地形条件で、3 種類以上の変調方式、アンテナ、EIRP 特性及び受信感度等に基づく電波伝搬特性（減衰特性、遅延特性、時間変動特性等）等の机上検討及びフィールド伝搬データの蓄積・解析を行い、統計モデル化を行う。さらに、統計モデルに基づく電波伝搬シミュレータを開発し、フィールド実証において検証・評価し、その結果を電波伝搬シミュレータに反映する。

## イ トラフィック適応映像処理技術の開発

運用用途ごとに必要な画質の維持と UAS を安全に飛行させるための周囲状況の把握という 2 つの必要性を踏まえて、映像内の注視すべき領域（以下「注視領域」という。）とそれ以外の領域（以下「注視外領域」という。）を区別し、注視領域は当初の画質等を維持しつつ、注視外領域の画質等を低下させることで符号量の削減を実現するとともに、リソース割当量の変動に応じて、動的に映像の伝送容量を変更することで、全体の伝送容量を 1 / 3 に減らす技術について、下記ウで示した想定トラフィックモデル環境下でのリソース割当量及びその変動に対する動作・性能を検証・評価する。

## ウ 資源割当制御アルゴリズムの開発

上記アの「3次元空間移動体の電波伝搬特性のモデル化」で確立された電波伝搬シミュレータによる統計モデル化の成果と、上記イの「トラフィック適応映像処理技術」の成果を反映させるとともに、各機体に対するリソース割当量に対して、伝送に必要な資源要求の管理、回線品質、優先順位、電波の覆域等を踏まえたリソース割当量及び変調方式を動的かつ最適な割当等によって、周波数の利用効率を 3 倍とする資源割当制御アルゴリズムを製作し、想定するトラフィックモデルとその妥当性を示した上で、検証・評価する。

また、上記アルゴリズムによって発生する遅延時間に関しては、制御信号やそれ以外の通信内容等に応じて保証する送信制御等の手法を構築した上で、検証・評価する。

## エ 低消費電力・小型化技術の開発

離陸総重量 10kg 程度、総消費電力 500W の小型 UAS に搭載可能な通信機器であって、上記ウの資源割当制御アルゴリズムの実装及び UAS の運用に必要な最低限な機能を実現した上で、低消費電力、小型化及び低雑音化を図った小型低消費デバイス、アンテナ技術や不要輻射を増大させない高効率増幅回路などによる通信機器を試作し検証・評価する。

これら検証・評価を踏まえて、UAS の機体の離陸重量の 10% 以下、利用可能な総消費電力の 5% 以下に相当する低消費電力の通信機器（アンテナを含む。）を実現する。これは、3 機以上の実機による評価システムを構築、フィールド実証試験を実施する。

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）

<平成 28 年度>

- ア 3次元空間移動体の電波伝搬特性のモデル化
  - ・フィールドデータ取得用の測定システムを構築し、フィールドデータの取得を実施する。
  - ・電波伝搬シミュレータの基本設計を実施する。
- イ トラフィック適応映像処理技術
  - ・トラフィック適応映像処理技術の基本設計及び試作を実施する。
- ウ 資源割当制御アルゴリズム
  - ・資源割当制御アルゴリズムの基本設計及び試作を実施する。
  - ・資源割当制御アルゴリズムシミュレータの基本設計を実施する。
- エ 低消費電力・小型化技術
  - ・資源割当制御アルゴリズムに適用する通信機器の基本設計及び試作を実施する。

<平成29年度>

- ア 3次元空間移動体の電波伝搬特性のモデル化
  - ・前年度のフィールドデータ取得用測定システムを用いて、地対空、空対空の電波伝搬データの蓄積、解析を実施する。
  - ・フィールドデータを解析し、伝搬モデル及びデータベースを構築する。
  - ・電波伝搬モデルを反映し、基本設計に基づいて電波伝搬シミュレータの試作を行う。
- イ トラフィック適応映像処理技術
  - ・前年度試作のトラフィック適応映像処理技術を課題エの通信機器の詳細設計に反映する。
  - ・評価用映像を取得し、評価用映像を使用してトラフィック適応映像処理技術の基本評価を実施する。
- ウ 資源割当制御アルゴリズム
  - ・課題イのトラフィック適応映像処理技術の基本評価を踏まえた資源割当制御アルゴリズムの機能試作を実施する。
  - ・基本設計に基づき資源割当制御アルゴリズムを搭載したシミュレータを試作し、課題エの通信機器の詳細設計に反映し、基本評価を実施する。
- エ 低消費電力・小型化技術
  - ・課題ア及びイの成果を反映した通信機器の詳細設計及び試作を実施する。
  - ・試作による基本評価を実施する。

<平成30年度>

ア 3次元空間移動体の電波伝搬特性のモデル化

- ・電波伝搬シミュレータによるフィールド実証及びその成果による改善や補完を実施する。

イ トラフィック適応映像処理技術

- ・試作による基本評価の結果等を反映し、実証システムを構築する。
- ・本研究開発のすべての成果を反映したシステム（以下「全体システム」という。）でフィールド実証試験及び下記ウの想定トラフィックモデル環境下での補完を実施する。

ウ 資源割当制御アルゴリズム

- ・試作による基本評価の結果等を反映し、実証システムを構築する。
- ・全体システムとしてフィールド実証試験を実施する。
- ・資源割当制御アルゴリズムを搭載したシミュレータを利用して想定トラフィックモデル環境を模擬し、フィールド実証及びその結果に基づく改修・補完を実施する。

エ 低消費電力・小型化技術

- ・試作による基本評価の結果等を反映し、実証システムを構築する。
- ・全体システムとしてフィールド実証試験を実施し全体成果を取りまとめる。

5. 実施期間

平成28年度から平成30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」及び平成35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。

③研究開発成果の情報発信

本研究開発で確立した技術の普及啓発活動を実施すると共に、総務省が別途指定する成果発表会等の場において研究開発の進捗状況や成果について説明等を行うこと。

④研究開発成果のオープンな利用促進

本研究開発成果が広く一般での利活用に寄与していくために、可能な限り特定の機器及び技術への依存を排除し、基礎的な技術に関しては容易に利用可能な技術を採用することを検討すること。

(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、従来の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。

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。また、本研究開発においては原則として技術課題工の実施者が、研究開発課題全体の取りまとめを行うものとする。(ただし、各技術課題の実施者間の調整により変更可能)

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。

本研究開発は、ロボット戦略など国が実施する関連施策と連携して進めることが想定されるため、総務省が受託者に対して指示する、研究開発に関する情報及び研究開発成果の開示、関係研究開発プロジェクトとのミーティングへの出席、シンポジウム等での研究発表、共同実証実験への参加等に可能な限り応じること。