

「空域利用の安全性を高める複数の小型無人機等の自律制御・分散制御技術及び検知技術」に関する研究開発構想（個別研究型）

令和4年12月

内閣府

文部科学省

## 目次

1 構想の背景、目的、内容.....	2
1.1 構想の目的.....	2
1.1.1 政策的な重要性.....	2
1.1.2 我が国の状況.....	3
1.1.3 世界の取組状況.....	3
1.1.4 構想のねらい.....	3
1.2 構想の目標.....	4
1.2.1 アウトプット目標.....	4
1.2.2 アウトカム目標.....	5
1.3 研究開発の内容.....	5
1.3.1 研究開発の必要性.....	5
1.3.2 研究開発の具体的内容例.....	6
1.3.3 研究開発の達成目標.....	7
2 研究開発の実施方法、実施期間、評価.....	7
2.1 研究開発の実施・体制.....	7
2.2 研究開発の実施期間.....	9
2.3 評価に関する事項.....	9
2.4 社会実装に向けた取組.....	9

## 1 構想の背景、目的、内容

### 1.1 構想の目的

#### 1.1.1 政策的な重要性

無人航空機（ドローン等）の活用が進み、また空飛ぶクルマの実用化に向けた研究開発が進められるなど、今後も空の産業革命が期待される中、様々な主体が多種多様で多くの無人航空機を利活用するようになることが想定されている。「成長戦略フォローアップ」（令和3年6月18日閣議決定）では、ドローンについて「戦略的自律性・不可欠性の観点も含め、要素技術の開発」などを図っていくとしているほか、「空の産業革命に向けたロードマップ2022」（2022年8月3日小型無人機に係る環境整備に向けた官民協議会）では、「空域の高密度化を可能とするため、ドローンや空飛ぶクルマと航空機がより安全で効率的な航行を行うために必要となる運航管理技術の開発・実証」及び「一操縦者による多数機同時運航を実現するために必要な機体・要素技術の開発・実証」が技術開発に位置付けられている。

こうした中、近年頻発化している大規模水害等において、小型無人機の有効性が改めて確認され、我が国の遠隔の被災地などでの迅速な対応に小型無人機の活用が進みつつある。災害・緊急時には、多数の航空機が当該地域に集まって任務にあたるのが想定されるが、このような中では、複数の小型無人機それ自体が、未知な環境や複雑な環境において、情報収集や救援支援等の任務を自律的に遂行することが求められている。

一方で、小型無人機の利活用の拡大や、小型無人機の自律性の向上も見据えれば、空の運航安全管理のみならず、空域の安全性を高めるための複数の小型無人機等の検知技術等も重要となる。現在、ドローンが通信用に用いる無線通信や、カメラ・レーダー・LiDARといったSLAM（自己位置推定と環境地図作製技術）に用いられるセンサーが検知技術として知られているが、それぞれ強みと弱みがあるため、より効率的な空域の利活用をも念頭に我が国が新たな検知技術を世界に先駆けて開拓することが求められている。

本構想は、個別研究型として、こうした背景の下、様々な主体による多種多様で多くの無人航空機の利活用と空域の安全性の向上に資する支援対象とする技術として研究開発ビジョン（第一次）において定められた「小型無人機の自律制御・分散制御技術」及び「空域の安全性を高める小型無人機等の検知技術」において、我が国技術の自律性の確保も念頭に、優位性の獲得

を狙うものである。

### 1.1.2 我が国の状況

無人機の自律性向上に向けた制御・センシング技術の開発は NEDO の複数のプロジェクトで行われているが、未だ、自律の程度は部分的である。一方で我が国は、燃料電池、リチウムイオン電池等のバッテリー・推進技術、高速通信技術に、またセンシング技術では画像やレーザー、超音波に強みを持っている。

小型無人機等の検知技術については、企業において、レーダーや音響などによる小型無人機等の検知システムの商用化も進められている。レーダーについては、分解能高度化に向けた研究が行われているが、車の自動運転を念頭にしたものが多い。また、センサーから死角となる空間をセンシングするため、回折波や多重散乱波を活用する研究も行われている。

### 1.1.3 世界の取組状況

米国では、AI 研究の航空分野での利用に向けたコンソーシアムの設立や、航空分野での AI の標準化の動きも活発化している。また、スイスの大学と米国企業の研究チームが、ドローン内蔵のイメージセンサーと畳み込みニューラルネットワークによる解析のみで、森や複雑な構造物の中を衝突することなく 40km/h で飛行することに成功しているほか、中国の大学では林の中で自律分散協調アルゴリズムによって障害物を避けながら、互いに通信して隊列を保ち、搭載した深度センサーカメラで収集したデータを共有して周囲をマッピングする技術を発表している。

小型無人機等の検知システムについては、米国やイスラエル等で商用化も進んでおり、それらは、レーダー、カメラ等のセンサーを組み合わせ、検知、識別、追尾といった複数の段階を設けてモニタリングを行っていると言われる。

### 1.1.4 構想のねらい

本構想では、将来において多数の小型無人機の利活用と空域の安全性確保を両立させることを目指し、複数の小型無人機が連携して、被災地、インフラやプラント等の構造物、高圧線周辺等の電磁波影響がある場所といっ

た、未知な環境や複雑な環境、非 GNSS 環境においても情報収集や救援支援等の任務を遂行可能な高度な自律制御・分散制御技術を備えることを目指すと共に、センシングへの AI 等の利活用における我が国の自律性確保も視野に、空域における小型無人機等の検知を可能とする空間のセンシング・イメージングの要素技術や革新的手法の開発を進め、より効率的な空域の利活用をも念頭に、我が国が小型無人機等の新たな検知技術を世界に先駆けて開拓することを狙う。

## 1.2 構想の目標

### 1.2.1 アウトプット目標

本構想では、研究開発開始から 5 年以内に小型無人機等の自律制御・分散制御技術及び検知技術の実証試験を行う。それぞれの技術における目標及び実証試験の目標は以下のとおりとする。

なお、革新的な要素技術の研究開発については、5 年以内での実証試験の実施が困難とされた場合、これを行わないことも可能とする。

#### <自律制御・分散制御技術>

- 本技術の 1 つは、非 GNSS 環境や通信（機体間通信を含む）の途絶があった場合においても、他の機体や鳥等の生物、未知の構造物といった障害物等と衝突せず、降水量や風速等が突発的に変化し得る環境において、目的地まで自律的な飛行が可能なものとする。
- 本技術の 1 つは、複数の小型無人機が連携して、単体の小型無人機では達成し得ない目標を達成するための最適な行動が自律的に取れるものとする。
- 実証試験に使用する実証デモ機は、10 機程度用意し、降水量 20mm/h かつ風速 15m/s 以上の環境において、30 分以上の連続飛行及びホバリングが可能なものとする。

#### <検知技術>

- 検知技術のシステムについては、高度 150m 以下にある対角寸法 200mm 以下の小型無人機が、対地速度 0m/s~40m/s の間で 10 機以上飛行している場合において、これらの小型無人機等の位置をリアルタイムに鳥等の生物と誤認せずに検知できるものとする。ただし、実証レベル

でのシステムに向けてその実現可能性の検証が必要と考えられる技術（以下「ポテンシャル技術」という。）に関しては、まずは実験室規模での実証により、将来的な上記検知性能の達成に向けた拡張可能性を示すものとする。

- 検知技術の革新的な要素技術については、センサーの小型化・軽量化とセンシング技術の高度化の両立を図る等により、更なる広域・遠距離・高精度に小型無人機等の検知を可能とする研究開発を行うこと。

### 1.2.2 アウトカム目標

#### <自律制御・分散制御技術>

- 被災地域、危険地域、道路環境が整っていない地域等で、未知な環境や複雑な環境、非 GNSS 環境において、小型無人機による情報収集や救援支援、また建設・土木業や農林・畜産業等における無人作業を実現する。
- 発着点から自動で調査して戻ってくることができ、また自己位置を高精度に制御し被検査構造物に近接するなどの、インフラメンテナンスにおける小型無人機の利活用の高度化・効率化を実現する。

#### <検知技術>

- 多数の小型無人機等が市街地等を複雑な経路・陣形で飛行することも想定される中で、自律制御を含む複数の無人機の監視、重要施設等における警備警戒といったことに将来的に活用されることを目指す。

## 1.3 研究開発の内容

### 1.3.1 研究開発の必要性

本構想では、空域の利活用とその安全性向上のため、自律制御・分散制御という新興領域において、ソフトウェア的な技術要素に関する知見の蓄積や人材層の拡大も念頭に関連技術の開拓・蓄積を図り、これを小型無人機において実証するとともに、様々な主体による多種多様で多くの小型無人機の利活用が拡大することが見込まれるため、センシング・イメージングの要素技術や未着手の革新的手法について実証することで、これらの先進的な領域を開拓する必要がある。

### 1.3.2 研究開発の具体的内容例

#### <自律制御・分散制御技術>

- 自律制御・分散制御技術について、小型無人機のほか別用途への技術の活用も視野に入れつつ、障害物の高速認識及び回避、自己位置推定、飛行ルート自動生成、急な荒天といった突発現象への適応、また複数機の離間距離制御、状況に応じた編隊の自律最適化、複数機による作業効率の自律最適化等の機能を実現する技術として、プロトコルやアルゴリズムといったソフトウェア的技術要素について、様々なアプローチによる研究開発を行う。
- 実証試験を行うため実証デモ機として標準機体を用意し、複数の研究チームがそれぞれ開発した制御技術を当該機体に各々導入することができるよう、協議会を活用するなど保秘を前提として研究チーム側が実証デモ機の仕様（ソースコード等も含む）を必要十分な範囲で確認できるようにする。
- 研究開発及び実証試験においてはデジタルツインも活用することとする。開発中の制御技術について仮想空間上で再現できるよう、研究開発開始から2年後など適切な時期までに、実証デモ機の機能性能をシミュレーション可能な研究開発環境を構築する。さらに実証試験に向けて4年後までに、研究チームが取り組んでいる目標を実証できる試験環境を完成する。試験環境は作成したものから順次、制御技術の研究チームが活用できるように公開する。
- 実証試験は、実証デモ機を含む10機以上（実証デモ機以外はデジタルツインを活用し、100機程度まで拡張可能とする）の小型無人機が連携し、変化する状況や環境に適応しながら、非GNSS・非通信環境にある目的地まで安全に飛行した上で、物資の運搬・配布、メンテナンス、救援活動等の目標を自律的かつ最適に完遂できるものとし、実機についてはテストフィールド等を活用して実証試験を行う。
- 本技術について、技術の汎用化も視野に、小型無人機に加えてそれ以外の機器（例えば工事や農業用の車両）にも導入することを目指した研究開発も実施する。

#### <検知技術>

- 小型無人機等の検知技術について、角度分解能の向上や多重散乱波を活用したセンシングの大幅な高度化や、小型無人機に積載できるような小型化・軽量化とセンシング技術の高度化の両立を図る等により、より遠方での小型無人機の識別、ノイズ処理や計算能力の向上も踏まえた回折波・散乱波等の活用による見通し外センシング、空域の混雑化を見据えた多数の小型無人機の同時トラッキング、複数のセンサー情報の統合解析による高解像度化、様々な環境に応じたセンサー配置の最適化等について研究開発を行う。
- 実証システムの1つは、実証試験に向けて、複数アンテナを連携するマルチスタティックによる空間の三次元的イメージングに向けて、これをリアルタイムに可能とする計算手法を開発するといった、革新的な手法の研究開発に取り組む。
- 実証システムの1つは、自律制御・分散制御技術の実証試験と連携した実証試験に向けて、センサーは実証デモ機に備え付けられる又は複数機で運搬できるものとし、小型無人機によってセンサーを複雑な地形の場所にも機動的に展開して空域の無人機等の検知を行うことができるよう研究開発に取り組む。

### 1.3.3 研究開発の達成目標

研究開発開始から5年程度を目途に、研究チームがそれぞれ開発した技術を導入した実証デモ機群を用いた飛行実証を行い、自律制御・分散制御技術の程度を競うと共に、これらの実証デモ機群を検知技術により捉えるというデモンストレーションを行う。

具体的には、提案者の設定した個別の達成目標を基本としつつ、文部科学省及びJSTのサポートの下、採択後、研究開発を開始するにあたって行う研究計画の調整にて定めると共に、研究開発開始後においては、協議会における意見交換の結果も踏まえ、必要な場合、見直しを行う。

## 2 研究開発の実施方法、実施期間、評価

### 2.1 研究開発の実施・体制

当該構想のアウトプット目標等をより詳細に設定するため、研究開発対象となり得る技術動向を踏まえ、プログラム・オフィサー（PO）、当該関係



分野の有識者、関係府省等による意見交換を経た上で研究公募を行い、研究開発課題を決定する。

「自律制御・分散制御技術」及び「検知技術」いずれの取組も様々なアプローチによる複数の研究チームを採択し、研究開発を実施した上で5年目を目途に実証試験への移行を目指す。実証試験の方法についても、アウトプット目標等をより詳細に設定するための意見交換において併せて検討する。さらに、実証試験を課さない革新的なアイデアを基にした研究開発にも取り組む。なお、実証試験のみならず想定する実際の利用形態に向けた研究開発において電波利用など法令に基づく免許や許認可を受けなければならない場合には、当該法令等に基づく対応を図った上で研究開発を実施することも必要である。

特に、ポテンシャル技術をシステム化する場合においては、その実現に必要なと考えられる個々の要素技術の技術的課題を克服した上で、実際の利用形態を想定した拡張可能性・適用可能性を検証するものとする。具体的には、個々の要素技術における技術的課題を克服した上で、まずは、5年以内の研究期間の途中で、実験室規模で複数の小型無人機を同時に継続して検知可能なことを概念実証するものとする。概念実証の結果に基づき、外部評価により実現可能性を評価するとともに、実現に向けて社会実装の目途が得られることも評価するものとする。その上で、5年目を目途とする実証試験に向けて検知のリアルタイム化や高精度化を進めるべきとされた場合、終了年までに実証試験を行うものとする。

POの指揮・監督の下、研究代表者（研究開発課題の実施責任を法人が担う場合は当該法人を含む。以下同じ。）が研究開発構想の実現に向け責任を持って研究開発を推進する。JST等の助言に基づき、研究代表者は、適切な技術流出対策を行うよう体制を整備するとともに、研究インテグリティの確保に努め、適切な安全保障貿易管理を行うよう、これらを推進するとともに、研究開発に必要な事項を行う。

研究開発成果を民生利用のみならず公的利用につなげていくことを指向し、社会実装や市場の誘導につなげていく視点を重視するという本プログラムの趣旨に則り、研究代表者はPO及び研究分担者との協議の上、知的財産権の利活用方針を定めることとする。その際には、研究開発途中及び終了後を含め、知的財産権の利活用を円滑に進めることができるように努める

こととする。

なお、研究開発成果の利活用にあたりその成果にバックグラウンド知的財産権が含まれる場合には、その利活用についても同様に努めることとする。

また、当該分野における民間企業等における処遇水準を踏まえ、研究開発に従事するリサーチ・アシスタント等大学から人件費の支弁を受ける者には、その報酬等について、これに相応しい水準を支弁する。具体的には、担当する PO が研究計画を踏まえ調整した上で、JST が決定するものとする。

## 2.2 研究開発の実施期間

各研究開発課題の実施期間は原則 5 年以内とする。構想全体で最大 90 億円程度（自律制御・分散制御技術に 60 億円程度、検知技術に 30 億円程度を目安とする）の予算を措置する。

## 2.3 評価に関する事項

自己評価は毎年実施する。外部評価については、原則、研究開発の開始から 3 年目に中間評価、研究開発終了年に最終評価を実施する。具体的な時期については、担当する PO が採択時点でマイルストーンを含む研究計画とともに調整した上で、JST が決定するものとする。

## 2.4 社会実装に向けた取組

本構想は、小型無人機等の自律制御・分散制御技術及び検知技術の開発を通じて、様々な主体による多種多様で多くの無人航空機の利活用と空域の安全性の向上が可能になること等を目指すものである。このためには、研究代表者と潜在的な社会実装の担い手として想定される関係行政機関や民間企業等との間で、災害・緊急時等の、未知な環境や複雑な環境における、情報収集や救援支援等の任務についての情報共有や、開発したソフトウェア等のオープンソースソフトウェア化を含む取扱い等、社会実装イメージや研究開発の進め方を議論・共有する取組、航空法、電波法等の法令対応、社会的受容性を高める取組等の伴走支援が有効である。

したがって、今後設置される協議会を活用し、参加者間で機微な情報も含め、社会実装に向けて研究開発を進める上で有用な情報の交換や協議を安

心して円滑に行うことのできるパートナーシップを確立することが重要であり、関係者において十分にこの仕組みの運用を検討する必要がある。

なお、協議会の詳細は別に示す。また、PO は研究マネジメントを実施する際には、協議会における意見交換の結果も踏まえるものとする。