



## 2017年度 奥多摩町×国立情報学研究所

「ドローンと機械学習を活用した社会インフラ適用に関する共同研究」

小型無人機運航管理システムの実証

日時：2017年（平成29年）12月5日（火）14時30分～15時30分

場所：奥多摩町総合運動公園（奥多摩町氷川940）

## ご挨拶

昨年から始まった奥多摩町と国立情報学研究所との共同研究は、まもなく二年が過ぎようとしております。この共同研究を始めるにあたっては、町から研究チームへ「人々の生活を支える新しい物流」、「災害時に人に代わって現場へ物資を届けられる」ことの実現を期待されたことを覚えております。

昨今ドローンは、工事現場での測量や災害後の現場撮影、またイベント等に様々に活用されるなど、著しく活躍の場を広げております。これから更に本格的な物流等に活用する為には、法整備と並行して大規模な空の運行管理システムが必要とされております。

これについては国立情報学研究所も参画する、本年度から始まった国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）の「ロボット・ドローンが活躍する省エネルギー社会の実現プロジェクト」において国立研究開発法人 宇宙航空研究開発機構（JAXA）が受託した「無人航空機の運用管理システム及び衝突回避技術の開発」で、国を挙げて研究が推進されております。奥多摩町との共同研究では、当初よりこの運航管理システムの開発に着目し、多数のドローンが同一空間で運用された場合を想定した「ドローン同士の干渉の検知・回避機能」についての研究開発を進めて参りました。町が共同研究に期待したことを近い将来に実現すべく、これまでの成果を次のプロジェクトにも活かして行きたいと考えております。

本日は、奥多摩町と国立情報学研究所の共同研究の成果を、いち早く皆様にご紹介できることを大変嬉しく思います。

情報・システム研究機構 国立情報学研究所 教授  
プレンディングガー ヘルムト

# 目次

ご挨拶	・・・	2
ドローンの社会実装への展望と課題、そして世界の動き	・・・	4
NII UTM、並びに実証の概要	・・・	5
奥多摩町における今後の活用に向けて	・・・	10

## ドローンの社会実装への展望と課題、そして世界の動き

私たち研究グループが小型無人機（以下、ドローン）の可能性に着目して早 3 年が経ちました。2015 年（平成 27 年）11 月に、ドローンによる荷物配送の実現を 3 年以内に目指すとした官民対話、2016 年（平成 28 年）4 月発行 2017 年（平成 29 年）5 月に更新された経産省取り纏めの「空の産業革命に向けたロードマップ」、さらには 2016 年（平成 28 年）1 月に閣議決定された第五期科学技術基本計画の「超スマート社会」の一翼として描かれるように、ドローンの活用への社会の期待や、そのための技術開発を後押しする動きが、この 3 年間で非常に大きくなっています。

その一方で、ドローンの利用拡大には、安心・安全性といった面で多くの課題を残しています。例えば、複数の機体の利用による電波干渉や、複数の事業者による同一空域での飛行の際の衝突の危険性、また空域を同じくする有人機（ドクターヘリ、救難ヘリ等）との接触の危険性などが挙げられます。ドローンは有人機と異なり、管制・フライトサービスは無く、ドローン上のカメラやセンサーの限られた機能でしか周辺状況の判断ができません。さらに、有人機からドローンの目視は非常に難しく、ドローン同士、ドローンと有人機の衝突リスクが懸念され、適切な状況把握が可能となる情報交換インフラが必要になると考えられています。そのような中、日本では 2016 年（平成 28 年）7 月に日本無人機運行管理コンソーシアム（以下、JUTM）が設立されました。

いま世界では、ドローンの安心・安全な活用を目指し、空の交通整理：空域管理・適切な状況把握のための情報の整備と適切な交換方法・飛行しているドローンの利用者や目的の遠隔からの確認方法の確立のためのドローン運行管理（UAS Traffic Management、以下 UTM）の研究開発が始まっています。アメリカ航空宇宙局（NASA）では、2013 年（平成 25 年）から UTM の研究や政府・企業との連携（NASA UTM）を開始しています。またヨーロッパでは、2016 年（平成 28 年）5 月にスイスを本拠地とする企業コンソーシアム（Global UTM Association）が設立され、技術標準に関する分科会を運営、2017 年（平成 29 年）5 月には U-Space の名の下に、UTM 研究開発のキックオフワークショップが開かれました。

私たち国立情報学研究所の研究チームも、奥多摩町との共同研究の成果を広く社会に役立てるべく、本年度より国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）の「ロボット・ドローンが活躍する省エネルギー社会の実現プロジェクト」で国立研究開発法人 宇宙航空研究開発機構（JAXA）が受託した「無人航空機の運用管理システム及び衝突回避技術の開発」の研究にも参画しています。また JAXA を通じて、JUTM などへも積極的に提言していく所存です。

## 実証の概要

以下に、NII UTM の公開実証の概要を説明します。

今回の実証では、運航管理システムのうち、インフライトにおける「干渉の検知・回避機能（以下、CDR）」を2つの導入パターンから順にご紹介しています。

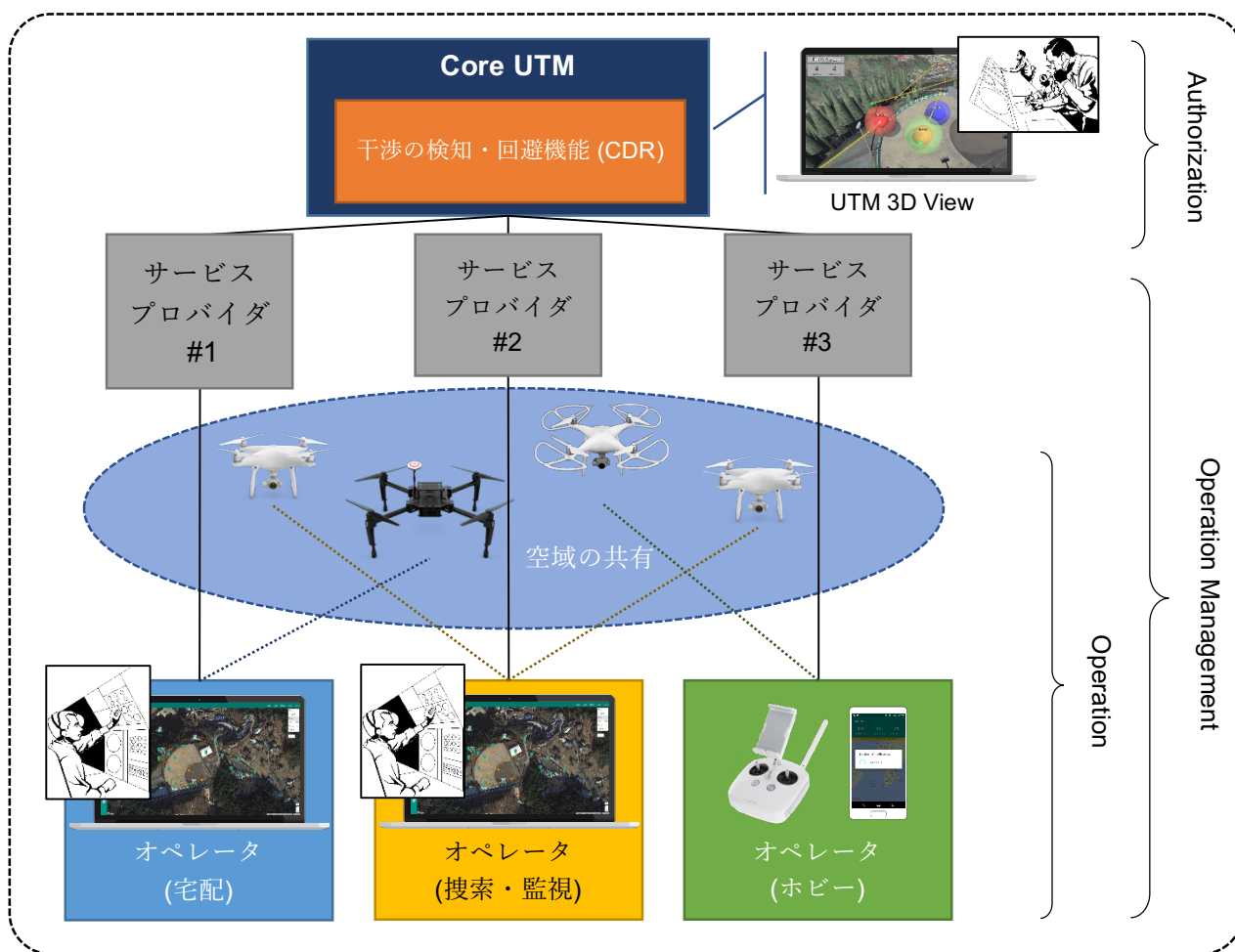


Fig 1. Setup of the main demo. Core UTM featuring 3 Service Providers and UAS Operators. The CDR service ensures that all 4 UAVs operate safely in the shared airspace by detecting and resolving any "in-flight" conflict.

私たちの開発した CDR 機能では、各 UAV（以下、ドローン）に対して二種類の安全圏を設けています。一つは、各ドローンのナビゲーション機能エラーを考慮した安全圏、もう一つは、各ドローンの飛行速度を基に割り出した通信のタイムラグを考慮した安全圏です。

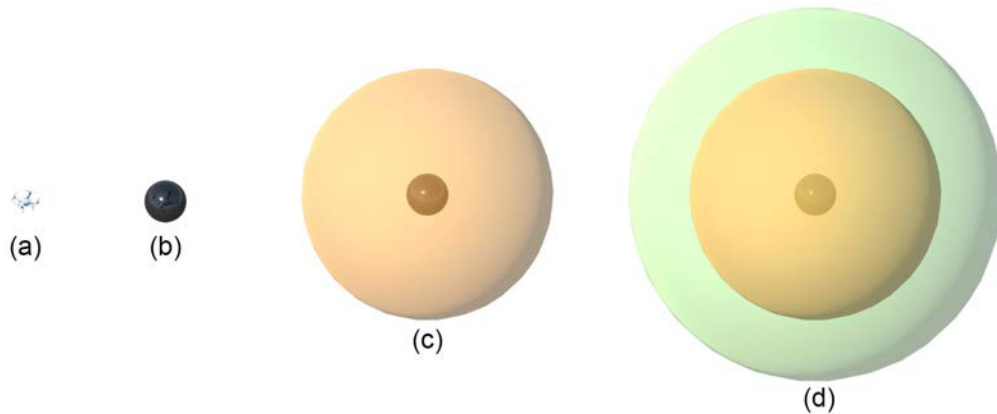


Fig 2. a) ドローン自体の機体サイズ; b) 機体のサイズに合わせた CDR の範囲; c) ドローンの位置の不確か性を考慮した CDR の範囲; d) 様々な条件を総合した UTM によって決められる CDR の範囲

公開実証では、各ドローンは下に記した三つの状態に割り振られています。

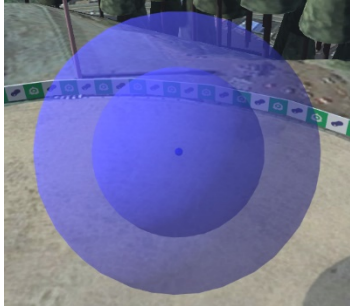
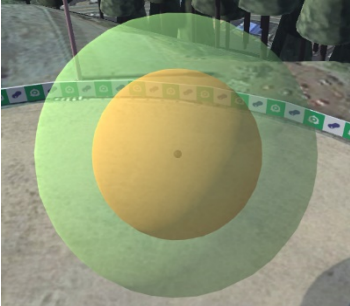
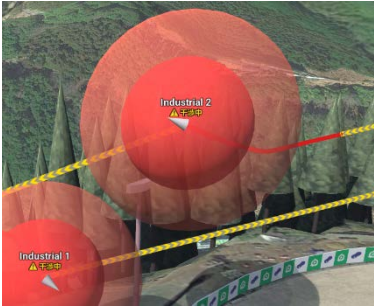
非協調モード	協調モード (干渉なし)	協調モード (干渉中)
		
<p>非協調モードでは、CDR 機能の指示には一切従わず、干渉の解消にかかるすべてのコマンドを無視する状態にあります。</p> <p>(例: 手動制御ドローン、自動制御ドローンにおける離陸・着陸時。)</p>	<p>協調モード (干渉なし) では、CDR 機能の指示に従い、干渉状態を解消する為のすべてのコマンドを受信し、他のドローンと相互協調関係にあります。</p> <p>(例: 自動制御ドローンにおける通常飛行時。)</p>	<p>協調モード (干渉中) では、ドローンは他のドローンまたは障害物との干渉状態にあることを表します。CDR 機能による干渉解消コマンドを受信し、回避行動をとります。同時に、黄色で示された予定航路が赤色の回避航路に変わります。</p>

Fig 3. Table of the 3 possible states the UAVs can alternate during all demonstrations.

## 技術紹介デモ #1

二機の自動制御ドローンによる双方と地上建造物の回避。

デモ時間: ~5分

このデモでは、CDR によって2機の自動制御ドローンが双方と地上建造物である照明塔を回避します。回避する際には、黄色で示された予定航路から赤色の回避航路へと切り替わります。

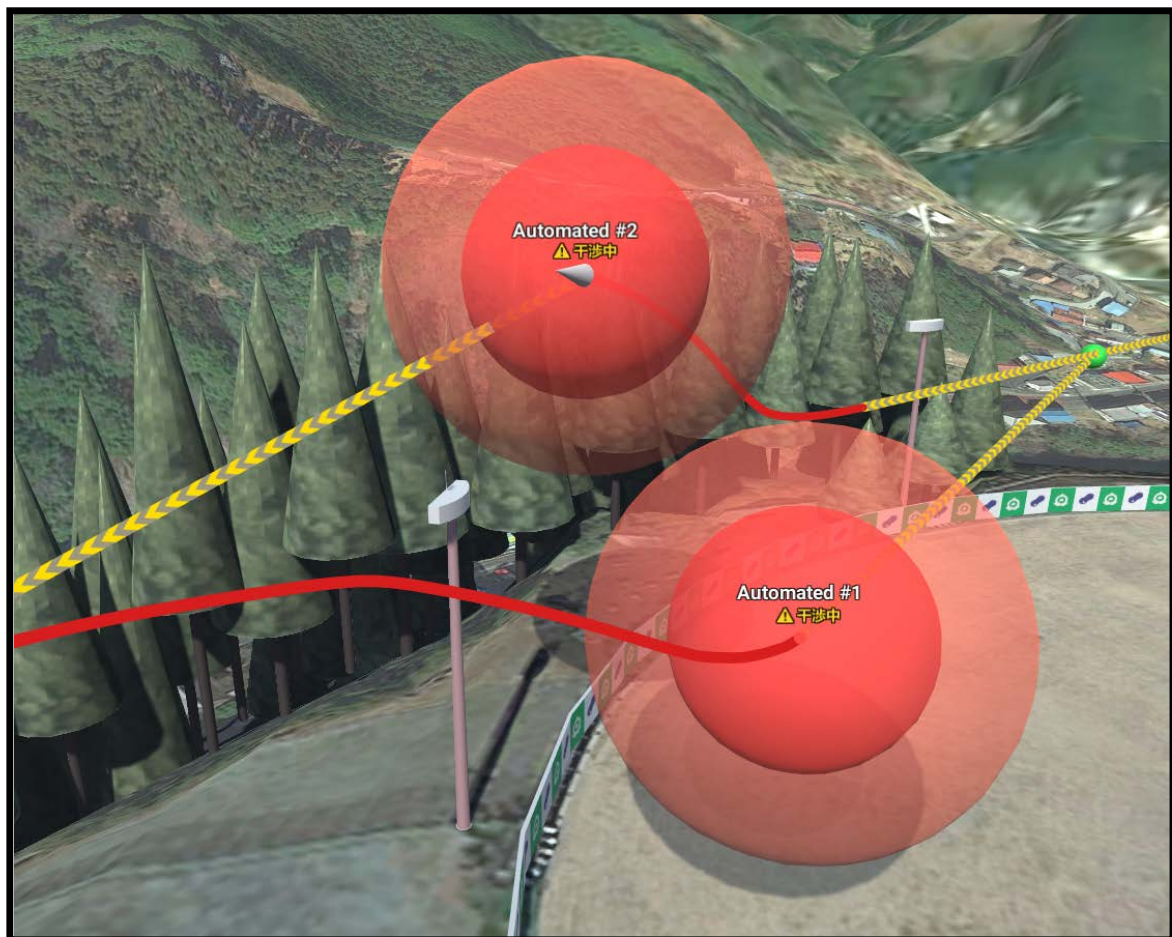


Fig 4. Technical demo 1 features 2 automated UAVs in conflict between themselves and the light pole infrastructure.

## 技術紹介デモ #2

自動制御ドローンによる手動制御ドローンの回避。

デモ時間: ~5分

このデモでは、CDR 機能によって自動制御ドローンが手動制御ドローンとの干渉を回避します。手動制御ドローンが非協調モードのドローンであり、猛スピードで自動飛行機ドローンに向かってきます。それに対して、自動制御ドローンは干渉中のモードに切り替わり、自動で回避行動をとります。

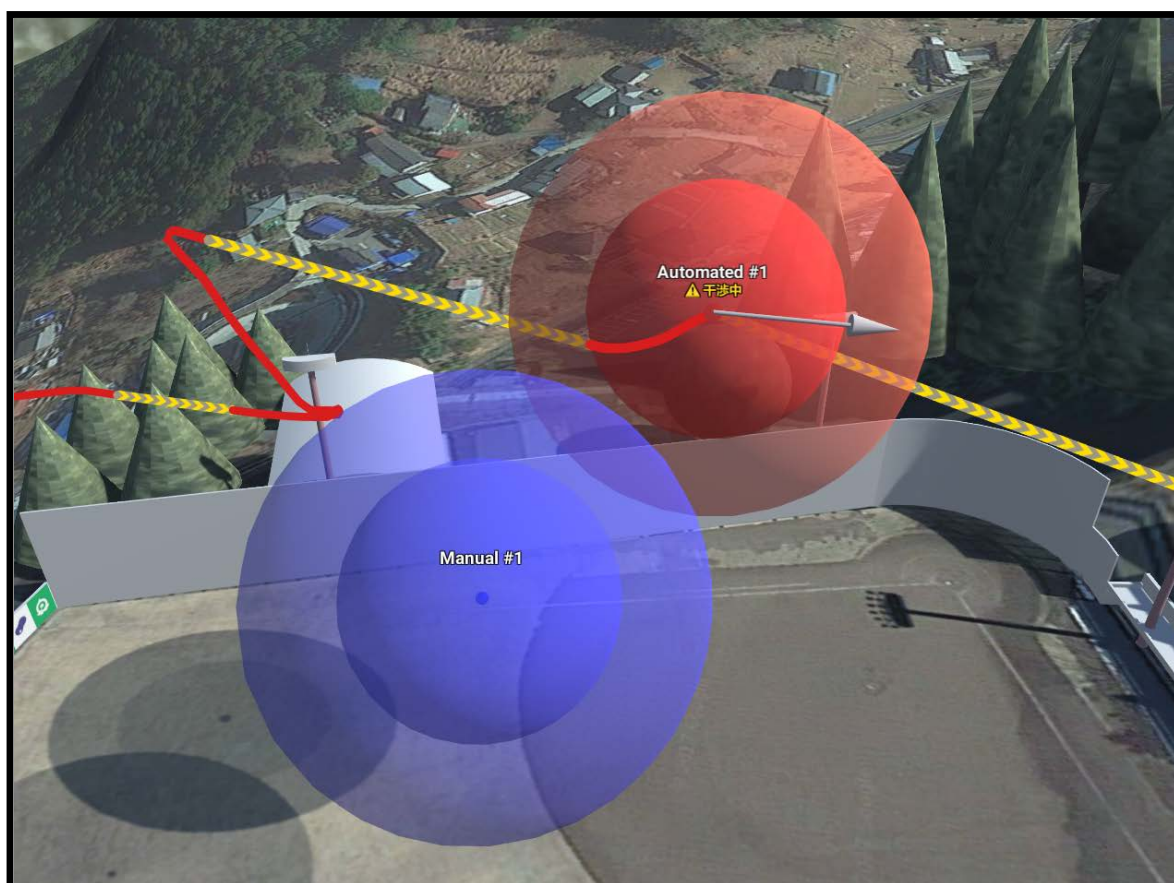


Fig 5. Technical demo 2 features one automated UAV in conflict with a manual piloted UAV.



## 主要デモ

混雑した空域におけるフル UTM システムの運用。

デモ時間: ~10 分

このデモでは、それぞれ異なるサービスプロバイダが運行する 3 つの自動制御ドローンと 1 つの手動制御ドローンを同空域で飛行させることで、かなり混雑した状態を模しています。開発された UTM システムがフルに機能します。

- 警察や消防等の捜索、害獣の監視活動の為にサービスプロバイダに接続された 2 機のドローンは協調モードにあります。
- 荷物の配送等デリバリーのサービスプロバイダに接続された 1 機のドローンは指定された地点での離着陸を繰り返します。飛行中は協調モード（干渉なし）であり、離着陸時には非協調モードに切り替わります。
- 1 機の手動制御ドローンは、ホビーやイベントの撮影用ドローンとしてドローンメーカーのサービスプロバイダに接続されていることを模しています。このドローンは常に非協調モードで飛行します。

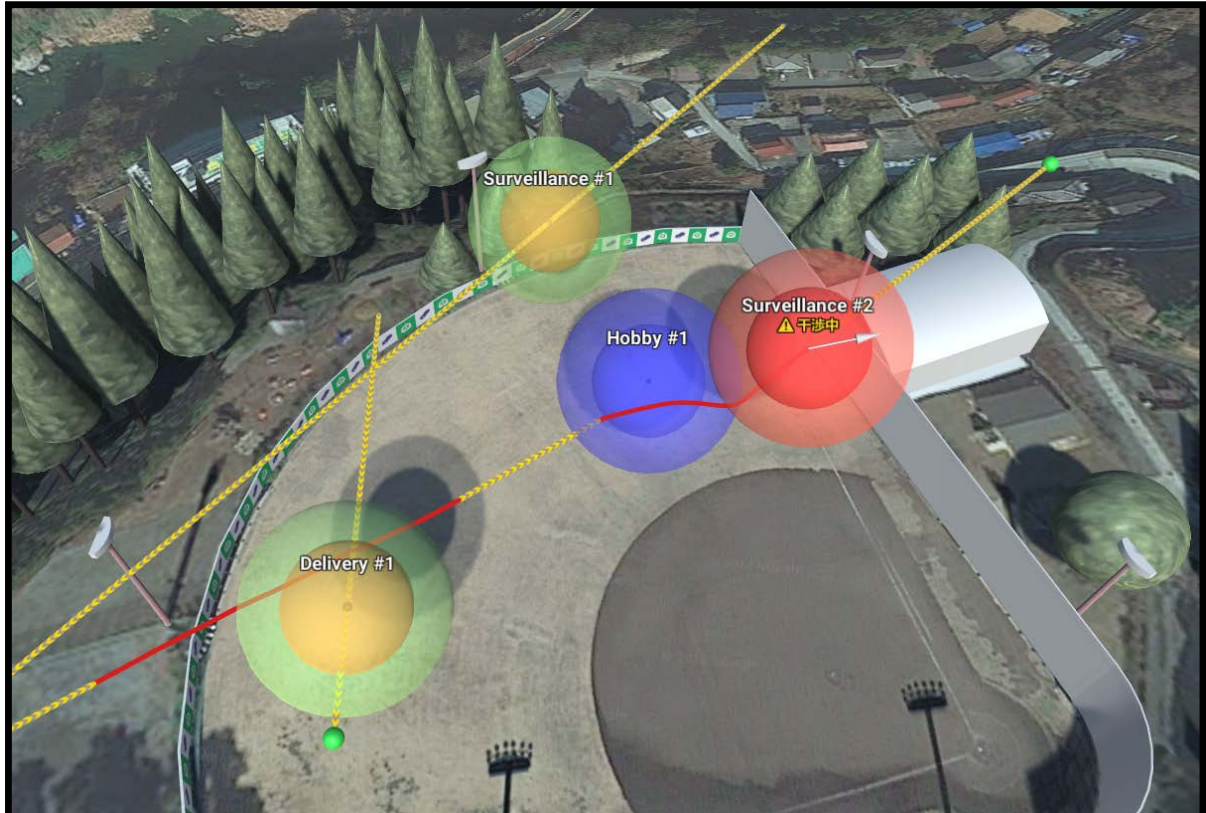


Fig 6. Main demo features 4 UAVs from 3 independent Service Providers in a highly dense scenario.

## 奥多摩町における今後の活用に向けて

奥多摩町と国立情報学研究所では、2016年度（平成28年度）より、山間地域住民の生活改善につながるようなドローンの自動制御技術を研究してきました。その中で町では主に、最先端技術の開発を行うためのフィールドの貸し出し等を行い、協力を行ってきました。

本研究にて開発中である小型無人機運航管理システムの完成により、ドローンを安全に活用するための基盤が整うことで、ドローンを本格的に町が抱える各種課題の解決の手段として活用できると考えています。具体的には、① 災害発生時の状況把握や物資の運搬等災害救助活動への応用、② 有害鳥獣の監視や追い払い等農作物の被害対策への応用、③ 建物や道路橋梁等における点検等公共施設の維持管理への応用、等を想定しており、これらにより町における安全で安心な暮らしの確保につなげていきたいと考えています。