

1. 小型無人機が飛行する空域における航空機運航に関する考察

航空交通管理領域 ※平林博子，虎谷大地
監視通信領域 河村暁子

1 はじめに

平成27年12月に航空法の改正が施行されてから2年近くが経過し、多くの無人航空機ユーザーが飛行のルール、飛行可能な空域について認識するようになってきた。無人航空機の利活用は、関係省庁連絡会議における官民協議会において、技術開発と環境整備に関するロードマップが示され^[1]、小型無人機の利用を促進しつつ安全確保をするための制度作りの検討が進められている。検討においては、制度設計に関しては、利用促進と安全確保のバランスをとることが重要とされている^[2]。しかし、改正航空法により無人航空機と航空機の飛行範囲がある程度分離されつつある一方で、例外となる飛行は多く存在し、空域利用者の安全を確保するためにはいくつもの課題がある。

本稿では、これらの課題のひとつと考えられる、昨今ドローンと呼ばれるような小型無人機が飛行する空域での航空機運航について考察する。空港外の低高度を飛行する航空機と小型無人機の飛行エリアが競合する可能性があり、小型無人機の飛行数が増加すれば接近する確率も高くなる。今後利活用が促進され飛行需要が高まるとされる小型無人機が飛行するエリアの安全確保のためにも、早急に取り組まなければならない課題のひとつである。

2 改正航空法による許可承認について

改正航空法により、無人航空機が定義され飛行のルールが整理された。航空法では、無人航空機の飛行が、有人航空機の飛行、人及び物件等に影響を及ぼさないことを目的に定められている。

2.1 改正航空法の概要

航空法第2条第22項において無人航空機は次のように定義されている。

『この法律において「無人航空機」とは、航空の用に供することができる飛行機、回転翼航空機、滑空機、飛行船その他政令で定める機器であつて構造上人が乗ることができないもののうち、遠隔操作又は自動操縦（プログラムにより自動的に操縦を行うことをいう。）により飛行させることができるもの（その重量その他の事由を勘案してその飛行により航空機の航行の安全並びに地上及び水上の人及び物件の安全が損なわれるおそれがないものとして国土交通省令で定めるものを除く。）をいう。』

なお、安全が損なわれるおそれがないものとして国土交通省令で定めるものは、航空法施行規則（以下、「施行規則」とする。）により、重量200グラム未満とされている。

飛行のルールに関しては、第132条（飛行の禁止空域）、第132条の2（飛行の方法）、及び第132条の3（捜索、救助等のための特例）に定められており、飛行禁止空域の詳細、並びに飛行禁止空域における飛行の許可及び方法の詳細に関しては、施行規則で定められている。改正航空法において無人航空機が飛行する空域及び飛行の方法に関する概要について説明する。

2.1.1 飛行する空域

無人航空機が飛行するにあたり許可を必要とする空域は、次の通りである。

- (a) 航空機の航行の安全に影響を及ぼすおそれのある空域
 - ・ 空港等の周辺の上空の空域
 - ・ 地表又は水面から150m以上の高さの空域
- (b) 人または家屋の密集している地域の上空
 - ・ 国勢調査の結果を受け設定されている人口集中地区の上空

2.1.2 飛行の方法

無人航空機を飛行させる時、国土交通大臣の承認を受けた場合を除いては次の方法により飛行させなければならないとされている。

- ✓ 日中（日の出から日没まで）に飛行させること
- ✓ 目視（直接肉眼による）範囲内で無人航空機とその周辺を常時監視して飛行させること
- ✓ 第三者又は第三者の物件との間に距離（30m）を保って飛行させること
- ✓ 祭礼、縁日など多数の人が集まる催し場所の上空で飛行させないこと
- ✓ 爆発物など危険物を輸送しないこと
- ✓ 無人航空機から物を投下しないこと

上記のように、人・物件等に与える影響の少ない空域内での日中、目視範囲内飛行が求められており、それ以外の所で飛行を実施する必要がある場合は、国土交通大臣の許可等を必要とするルールである。

2.2 許可承認件数の推移

前節で述べたように、改正航空法により無人航空機の飛行が整理され、無人航空機を飛行させるにあたり許可を必要とする空域があり、また、承認を必要とする飛行方法がある。改正航空法が施行されてから許可承認の申請件数は増加傾向にある^[3, 4]。図1に国土交通省航空局の発表資料から許可承認申請件数の推移を示す。最近ではひと月で1,300件以上の申請がある状況が続いている。このように非常に多い申請件数は、改正航空法が認知され、また、無人航空機、特にドローンと呼ばれる小型無人機の利活用が促進されていることの現れである。一方で、それ程多くの無人航空機の飛行が、許可を必要とする空域で飛行し、承認を必要とする飛行方法を行っていることであり、原則分離されている航空機運航との競合が存在することも現している。

3 有視界飛行方式による飛行

小型無人機が飛行する空域と競合するおそれのある航空機運航の多くは有視界飛行方式（VFR: Visual Flight Rules）による飛行である。

第3章ではVFR飛行の概要及び小型無人機との競合の可能性について航空法の観点から述べる。

3.1 IFRとVFRについて

一般的に航空機の飛行方式は、パイロット自身で判断するか、または航空管制機関の指示に従うかの二つの方式がある。空港間を飛行する旅客機等の多くは、常に管制機関の指示に従って飛行する計器飛行方式（IFR: Instrument Flight Rules）による飛行を行っている。管制指示に従って飛行することで安全が確保されている。一方VFR飛行は、十分な視界を確保した気象状態でパイロット自身の判断で飛行する方式である。VFR飛行では様々なミッションがあり、また、飛行高度はIFR飛行より低い高度を巡航高度として飛行することが多く、空港以外の場所での離着陸も可能である。

図2にVFRの飛行の目的（ミッション）の例をいくつか示す。航空救急のためのドクターヘリの飛行、捜索救難飛行、撮影・測量のための飛行、物資輸送（吊り下げ）飛行、薬剤散布飛行等、飛行の目的は多岐にわたる。これらのミッションは低高度を飛行し、ドローンの利活用とも重なっており、空域の競合の可能性が高い飛行である。

3.2 小型無人機とVFR機の飛行空域の競合について（航空法）

航空法においては、必要な航空機運航が規則に則って飛行可能となるように整理されている。まずは無人航空機との競合が考えられ

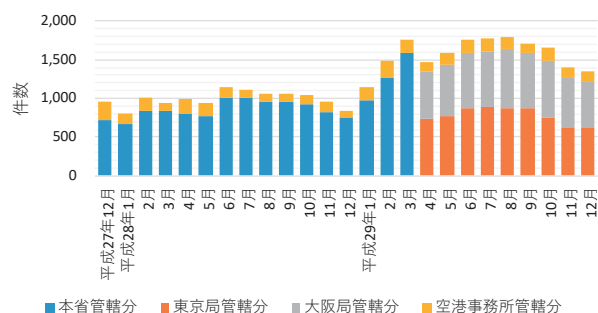


図1 無人航空機にかかる許可承認申請件数の推移（国土交通省航空局 JUTM 第1回シンポジウム発表資料から^[4]）

る航空法上の根拠について整理する。

改正航空法により、無人航空機は空港等の周辺では許可がなければ飛行できず、基本的には空港等を離着陸する航空機との間とは飛行空域が分離されている。一方で、航空機においては空港等以外の場所で離着陸が可能である。航空法第79条（離着陸の場所）において、グライダー以外は空港等において離着陸する必要があるが、79条ただし書きの許可として、申請をすることで空港外でも離着陸が可能である（施行規則第172条の2）。

無人航空機は150m以上の高さを飛行するときも許可が必要である。150mは航空機運航においては航空法第81条の最低安全高度に該当し、離着陸を除いて国土交通省例で定める高度（施行規則174条）以下で飛行してはならないとされている。しかし、81条ただし書きの許可として、申請することで飛行は可能である（施行規則第175条）。

上記のような、離着陸の場所の指定（法第79条）、（飛行の禁止区域での飛行（法第80条））、最低安全高度以上での飛行（法第81条）、の規定は、航空機の事故、海難その他の事故に際し捜索又は救助のために行う航行については適用しない特例がある（航空法第81条の2（捜索または救助のための特例））。施行規則第176条によれば、捜索、救助を任務とする航空機（国土交通省、防衛相、都道府

県警察、地方公共団体の消防機関）、病院の使用する救急医療用ヘリコプターで救助を業務とするものが特例として挙げられている。

飛行計画に関しては航空法第97条において提出し（計器飛行方式においては提出し承認を受け）なければならないが、出発地を中心として半径9キロメートル以内の空域の上空を飛行し着陸する場合（施行規則第205条の1）はこの規定が対象外となり、あらかじめ飛行計画を通報することが困難な場合（施行規則第205条の2、あらかじめ通報する暇のない場合、通報する手段のない場合）は飛行開始後の通報も可能である。

このように、改正航空法により一見航空機と無人航空機の飛行のエリアが分離されるように整理されたが、無人航空機においては許可を必要とする空域で飛行し、承認を必要とする飛行方法があり、航空機運航においては、特にVFR飛行において飛行エリアの競合の可能性があることが、航空法の観点からも理解できる。

4 無人航空機・航空機シミュレーター

これまで述べてきたように小型無人機が飛行する空域で無人航空機の飛行頻度が上がることで安全が損なわれる可能性がある。国土交通省の無人航空機にかかる事故等の一覧では、小型無人機と航空機とが接近して飛行したケースがすでに報告されている^[5]。将来の



図2 VFR飛行による様々なミッション

無人航空機の高需要に備え、低高度の飛行状況及び電波伝搬状況をコンピューター上で模擬することで、小型無人機同士及び小型無人機と航空機の衝突の確率や電波干渉等を算出するために、現在シミュレーション技術の開発を行っている^[6, 7]。図3にシミュレーターのコセプトを示す。運動力学を使用し無人航空機または航空機の運動を、運用シナリオに合わせ模擬するパーツ、及び電波伝搬状況をシミュレーションするパーツと大きく二つのパーツからなり、アウトプットとして、衝突確率、電波干渉状況などを想定している。

5 VFR 飛行のレーダーデータ解析

VFR 飛行に関してどこの空域をどの程度どのような飛行しているのか、詳細については把握されていない。第3章でも述べたように航空機は原則飛行計画を提出しなければならないが、飛行計画から VFR 飛行に関する詳細について把握することは困難である。さらに、通報する必要のない飛行もあり、また、特に VFR 飛行に関しては、その飛行の目的から飛行経路等の詳細を事前に記述することは難しい。

電子航法研究所では、今までレーダーデータ解析等の手法を用いて、IFR 飛行に関する

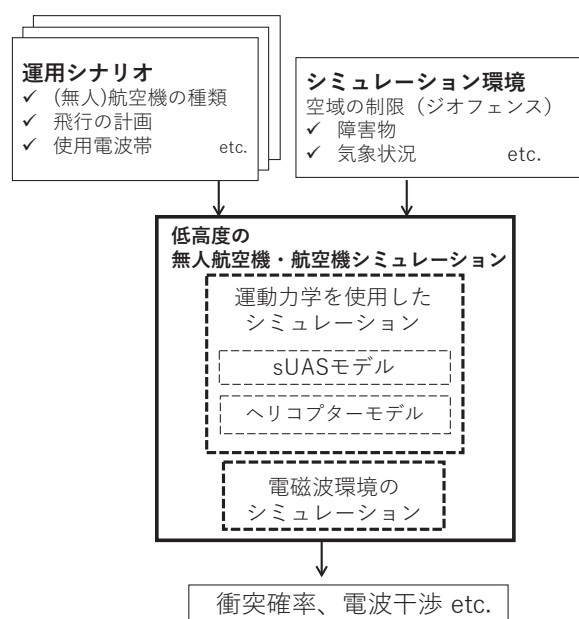


図3 無人航空機・航空機シミュレーターのコセプト

研究を実施してきた。現在、その技術を活用し、無人航空機・航空機シミュレーターへの活用も視野にいて VFR 飛行傾向の分析を試みている。

5.1 データの重ね合わせ

場外離着陸場やヘリパット等を飛行し比較的low高度を飛行するヘリコプターの飛行範囲は、小型無人機の飛行範囲との競合の可能性が高い。ドクターヘリコプターの動態情報及び航空局提供のレーダーデータを用いて、VFR 飛行の傾向分析を実施している。

民間気象情報会社であるウェザーニューズの機内持ち込み型のヘリコプター動態管理システム「FOSTER-CoPilot」は、機体の位置情報を遠隔地で一元管理できるシステムである。FOSTER-CoPilot を搭載した中日本航空のドクターヘリコプターの動態情報を、ウェザーニューズ及び中日本航空協力のもと研究目的のために提供を受けている。また、該当するドクターヘリコプターの飛行範囲を監視可能であると思われる中部空港事務所のレーダーデータを航空局から提供を受けている。

取得可能なレーダーデータから VFR 飛行を抽出し、比較的low高度を飛行するドクターヘリコプターの動態情報との重ね合わせを実施している。図4に重ね合わせのイメージを示す。レーダーデータにおいてどの程度 VFR 飛行が記録できているのか、また、記録された内容にどの程度の相違があるのかについて把握することが目的である。課題としては、レーダーデータから飛行の識別ができないことがあげられる。IFR 飛行においては、レーダー上での識別が必要となるため、飛行毎にトランスポンダーに設定するレーダー識別のためのコード (DBC: Discrete Beacon Code) が割り振られる。しかし、VFR 飛行においては、VFR による飛行であるコード (1200 または 1400) が設定されることが多い。覆域内に複数の VFR 飛行のコードが飛行することもあり、コードからの飛行の識別はできない。以上のことから、重ね合わせでは、ドクターヘリコプターの動態情報の中から飛行している時刻、座標及び高度情報を抽出し、それぞれの情報が近いレーダー航跡をドクターヘリ

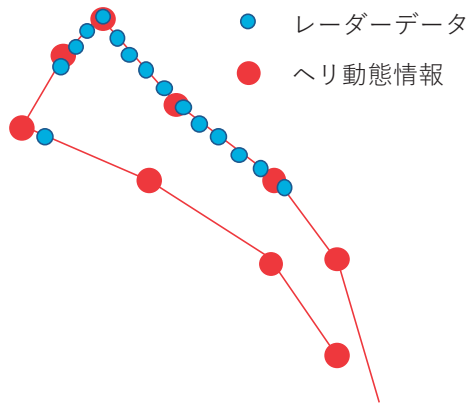


図 4 レーダーデータとヘリコプター動態情報の重ね合わせのイメージ

コプターの動態情報と同一の飛行のレーダー航跡として推測している。現在のところ、約40のドクターヘリコプターの飛行に関して同一飛行であると推測できており、今後さらに解析を続ける計画である。

5.2 VFR 飛行の交通密度

VFR 飛行が多く実施される空域“VFR 飛行のホットスポット”がどこであるのかを抽出することは、小型無人機の運航の安全だけではなく、他のスカイスポーツ等にとっても空域の運用の特性を把握するためにも有益である。もう一つの試みとして、空域あたりのVFR 飛行の交通密度についてカラースケールで表すことを試みている。図5は中部空港事務所のレーダーデータから、ある一日の

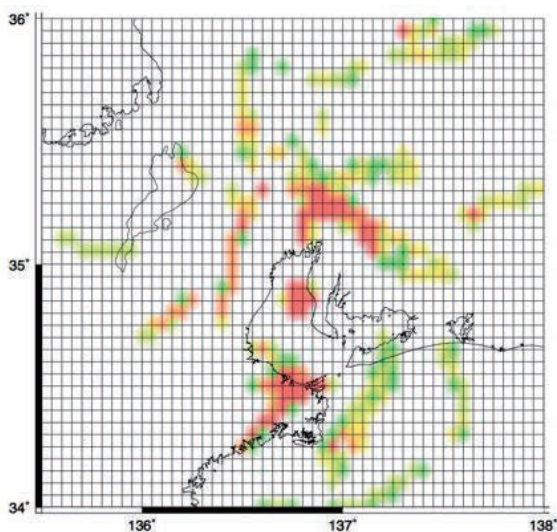


図 5 VFR 飛行の交通密度の例

VFR 飛行と推測される飛行を、緯度経度 0.05 度（緯度幅 3NM，経度幅は緯度により多少異なる）四方内の飛行密度をカラースケールで表したものである。VFR 飛行は飛行の目的から非定期的なものが多いと考えられ、また、天候、地形、時間帯、曜日等の影響が大きい。例えば、地形図や天気図との重ね合わせから、VFR ホットスポットの傾向分析が可能であると考えられ、今後も解析を続ける計画である。

6 まとめ

小型無人機（ドローン）が飛行する空域との競合が懸念されている航空機運航として、空港外の低高度を飛行する航空機が考えられる。それらの飛行の多くは VFR 飛行であり、常に管制機関の指示に従って飛行しているわけではない。小型無人機のミッションのいくつかは VFR 飛行のミッションと重複している。さらに、航空法の観点からも小型無人機と VFR 飛行の競合の可能性が理解できる。

競合する空域における、無人航空機・航空機の低高度飛行を想定したシミュレーション技術の開発を行っている。運動力学シミュレーション及び電磁波環境シミュレーションの二つのパーツを組み合わせることで、小型無人機同士及び小型無人機と航空機の衝突の確率や電波干渉等を算出することを想定している。

電子航法研究所では、今までレーダーデータ解析等の手法を用いて、IFR 飛行に関する研究を実施してきた。その技術を活用し、VFR 飛行に関する解析を試みている。一つ目の試みは、ドクターヘリコプター動態情報とレーダーデータの重ね合わせである。レーダーデータにおいてどの程度 VFR 飛行が記録できているのか、また、記録された内容にどの程度の相違があるのかについて把握することが目的である。二つ目の試みは、VFR 飛行のホットスポット抽出である。VFR 飛行が多く実施される空域の特定することは、空域の特性を把握するためにも有益である。VFR 飛行は飛行の目的から、非定期的なものが多いと考えられ、また、天候、地形、時間帯、曜日等の影響が大きいと考えられることから、今後

は地形図や天気図との重ね合わせを実施する計画である。

謝辞

ドクターヘリコプターの動態情報提供にご協力いただきました株式会社ウェザーニューズ及び中日本航空株式会社の関係各位、及びレーダーデータを提供くださいました国土交通省関係各位に感謝いたします。

参考文献

- [1] 小型無人機にかかる環境整備に向けた官民協議会，“空の産業革命に向けたロードマップ～小型無人機の安全な利活用のための技術開発と環境整備～”，平成 29 年 5 月 19 日小型無人機にかかる環境整備に向けた官民協議会決定，平成 29 年 5 月 19 日
- [2] 小型無人機にかかる環境整備に向けた官民協議会，“小型無人機の安全な飛行の確保と『空の産業革命』の実現に向けた環境整備について”，平成 27 年 11 月 13 日小型無人機に関する関係府省庁連絡会議決定，平成 27 年 11 月 13 日
- [3] 国土交通省ホームページ，“許可・承認を

行った内容の公表，”無人航空機（ドローン・ラジコン機等）の飛行ルール，平成 30 年 3 月 5 日閲覧，

http://www.mlit.go.jp/koku/koku_tk10_00003.html

- [4] 国土交通省航空局，“改正航空法の概要と最近の取組，”JUTM 第 1 回シンポジウム「人とドローンが共生する未来社会の実現に向けて」，平成 30 年 2 月 20 日
- [5] 国土交通省ホームページ，“無人航空機による事故等の情報提供，”無人航空機（ドローン・ラジコン機等）の飛行ルール，平成 30 年 3 月 5 日閲覧，
http://www.mlit.go.jp/koku/koku_tk10_00003.html
- [6] D. Toratani, H. Hirabayashi, and A. Kohmura, “Simulation Techniques for Small Unmanned Aircraft Systems (sUAS) Trajectories including Signal Propagation”, EIWAC 2017, EN-A-050, Nov. 2017.
- [7] 虎谷大地，平林博子，河村暁子，“小型無人航空機と有視界飛行方式ヘリコプタが保つべき間隔に関する一考察”，日本航空宇宙学会年会講演会，講演番号 2D02，2018 年 4 月