

ドローン配送の未来 Lv4 と Lv3.5

シティ・モビリティグループ 主任研究員 水上 義宣

2023年12月にレベル3.5が始まるなど、ドローン配送は新しい局面を迎えている。本稿ではレベル4及びレベル3.5というドローンの制度を解説し、事業化に向けた課題を論じる。

1. はじめに

ドローン¹による配送への期待は、2022年12月に第三者の上空を飛行できるレベル4が制度化されたことで高まった。しかし、レベル4での配送の事業化は2023年12月現在実現されておらず、また、2023年12月にはレベル3.5が制度化される等、レベル4制度化後の1年間に新しい動きもみられる。本稿では、各飛行レベルを概説し、その課題を明らかにすることで、ドローン配送の事業化に向けた課題を論じる。

2. ドローン配送に関わる規制

ドローンの飛行に関する規制は、地上等の人又は物件、特に第三者の安全を確保することを目的に飛行レベル²に応じて決まっている。ドローン配送は通常、操縦者から直接肉眼でドローンを監視できない目視外飛行にあたるため、レベル3又はレベル4に分類され、その規制は図表1のとおりとなっている。

まず、2019年10月にレベル3が制度化され、ドローンが落下する恐れのある範囲を立入管理区画と定め、第三者に対して看板や補助者を使って注意喚起等を行うことによって、飛行経路すべてに補助者を配置しなくても目視外飛行が可能となった。

次に、2022年12月からレベル4が制度化され、第一種機体認証を取得した機体を、一等無人航空機操縦士が、リスク評価結果に基づく運航管理体制のもと飛行させることを条件に、第三者の上空を飛行させることが可能となった。

そして、2023年12月からレベル3のうち、二等無人航空機操縦士が操縦し、万が一の場合に第三者賠償を行う保険に加入しているものがレベル3.5とされ、立入管理区画に第三者が立ち入っていないことを機上カメラ等で確認できれば看板や補助者での注意喚起を撤廃してよいことになった。また、レベル3では飛行できなかった移動中の車両等の上空についても、自動車のように第三者がドローンの墜落等から保護されている車両等であれば上空を飛行してもよいことになった。

なお、レベル3.5は厳密にはレベル3の一部であるが、本稿では単に「レベル3」と書いた場合にはレベル3.5を除くレベル3とする。

¹ 本稿では「ドローン」とは航空法第2条第22項の「無人航空機」の定義に準じ「航空の用に供することができる機器で、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により飛行させることができるもの」とする。

² 飛行レベルは首相官邸 小型無人機に係る環境整備に向けた官民協議会(2018年9月27日)「空の産業革命に向けたロードマップ 2018 ～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～」補足資料」で下表のとおり定義されている。

レベル1	目視内での操縦飛行
レベル2	目視内での自動・自律飛行
レベル3	無人地帯※での目視外飛行(補助者の配置なし) ※ 第三者が立ち入る可能性の低い場所(山、海水域、河川・湖沼、森林等)
レベル4	有人地帯(第三者上空)での目視外飛行(補助者の配置なし)

《図表1》ドローンの目視外飛行に関する規制の概略

飛行レベル (リスクカテゴリー)	レベル3 (カテゴリーII)		レベル4 (カテゴリーIII)
		レベル3.5	
制度開始	2019年10月	2023年12月	2022年12月
第三者上空 (移動中の車両等上空)	飛行できない	飛行できない	飛行できる
第三者の 立入管理措置	看板・補助者等で 管理	機上カメラで 管理	不要
機体	性能等資料又は 第二種	性能等資料又は 第二種	第一種 (2023年12月現在1機種)
操縦士	能力等資料又は 二等	二等	一等
第三者賠償	賠償能力等資料 又は保険加入	保険加入	賠償能力等資料 又は保険加入
運航管理体制等	標準マニュアル又はリス ク評価等に基づく運航管 理体制を整備	標準マニュアル又はリス ク評価等に基づく運航管 理体制を整備	リスク評価の結果に基づ く運航管理体制を整備
申請先等	第二種認証機を二等操縦 士が飛行させる場合は原 則許可・承認不要 その他の場合地方航空局 に申請	第二種認証機を二等操縦 士が飛行させる場合は原 則許可・承認不要 その他の場合国土交通省 本省と事前調整後申請	国土交通省本省に申請

目視外	操縦者から直接肉眼でドローンを監視できない状態
第三者	ドローンの飛行に関与していない人
移動中の車両等	移動中の第三者の自動車等で人が屋根等で保護されているもの
補助者	ドローン又はその飛行経路を監視して、操縦者に助言するとともに、第三者に注意喚起する者

(出典) 国土交通省資料³より当社作成

3. 飛行制度と事業化への課題

(1) レベル4

ドローン配送の実現に向けては、2019年10月にレベル3が制度化されたものの、その飛行は第三者のいる蓋然性の低い場所に限られ、やむを得ず道路等を横断する際には看板等での注意喚起を図るか、通行量等によっては補助者を配置する必要があり、事業化が難しいものであった。そのため、第三者上空を飛行できるレベル4の制度化が期待されていた⁴。

2022年12月にレベル4が制度化された。レベル3との比較では、最初にレベル4飛行を行った日本郵便(図表2)によると、住宅地上空を飛行することができるため直線的な飛行経路を設定することが可能となり、距離にして22%、時間に

《図表2》日本郵便によるレベル4飛行



(出典) 当社撮影

³ 国土交通省(2023年12月26日)「無人航空機の飛行に関する許可・承認の審査要領(カテゴリーII飛行)」、国土交通省(2023年2月7日)「無人航空機の飛行に関する許可・承認の審査要領(カテゴリーIII飛行)」及び国土交通省(2023年12月27日)「レベル3.5飛行について」

⁴ 国土交通省 無人航空機の目視外及び第三者上空等の飛行に関する検討会(2022年4月)「無人航空機の目視外及び第三者上空等での飛行に関する検討会とりまとめ」p.1では、「都市部も含む配送への活用等(中略)実現には有人地帯における補助者なし目視外飛行(レベル4飛行)の実現が不可欠」としている。

して 40%の削減が可能になったという⁵。また、医薬品の配送実験を行った KDDI スマートドローンによると、道路横断時に第三者の確認をする必要がないことから定時性が向上したという⁶。さらに、沖縄県で配送実験を行った ANA ホールディングスは、住宅地上空を飛行できることで LTE の受信状況がより良好な場所を飛行できたとしている⁷。このように第三者上空を飛行できる利点を確認された。しかし、2023 年 12 月までにレベル 4 飛行をした事例はいずれも 1 週間程度の期間内での実証実験にとどまっており、事業化を見据えた継続的な飛行は実現していない。

レベル 4 での継続的な飛行が行われない理由として、機体性能の問題と運航管理体制整備の難しさがある。

まず、機体であるが、2023 年 12 月現在、第一種型式認証⁸を取得している機体は ACSL 式 PF2-CAT3 型のみで、積載量 1kg、航続距離 10km となる。また、申請中も 2 機種⁹にとどまっている。レベル 4 飛行を行った日本郵便は、事業化に向けて積載量 5kg、航続距離 35km の物流専用機の開発を目指すとしており¹⁰、PF2-CAT3 では、配送用途には積載量や航続距離等の機体性能が不足している。

機体の種類が少ないことの原因には、認証取得を含む開発費の高さがある。ACSL によると PF2-CAT3 の認証取得を含めた開発費は 10 億円ほど¹¹だという。製造費用等も考えると千機以上販売しても、機体価格は軽貨物自動車並みの数百万円になると考えられる。

次に、運航管理体制整備の難しさであるが、レベル 3 の運航管理体制は、国土交通省航空局や業界団体から標準マニュアルが示される等、ある程度標準化されている。これに対しレベル 4 では運航者が運航する環境に合わせたリスク評価を行い、運航管理体制を整備する必要がある。国土交通省の審査要領¹²ではリスク評価に福島ロボットテストフィールドが作成しているガイドライン¹³を使用することを推奨しているが、航空局の勝間氏は「レベル 4 飛行はやはり極めてリスクが高いため、個別の許可承認において運航管理体制を綿密にチェックしている」とする¹⁴等、実際にリスク評価を行い許可・承認を得られる運航管理体制を整備するには相応の専門性や経験を必要とする。また、運航開始後も運航管理体制の遵守を徹底していくことが求められる。

2023 年 12 月現在でレベル 4 飛行を行った日本郵便、ANA ホールディングス、KDDI スマートドローン等の 3 者は、いずれもレベル 3 飛行の経験を有しているほか、日本郵便は自動車等の運行管理、ANA ホールディングスは航空機の運航管理を行い、また KDDI スマートドローンには日本航空が協力する等、リスク評価及び運航管理体制の整備と徹底に十分な経験を有している。

⁵ 日本郵便株式会社 地方創生ミニシンポジウム資料(2023 年 8 月 28 日)「日本初 レベル 4 飛行の実現と将来に向けた日本郵便の取組」p. 26

⁶ ドローンジャーナル(2024 年 1 月 16 日)「KDDI、JAL ら、国内 3 事例目のレベル 4 飛行で「短縮効果」を数値で可視化 - 「過疎地域での災害対応」と「医薬品輸送の課題解決」に向けて-

⁷ 国土交通省 第 11 回過疎地域等におけるドローン配送ビジネスモデル検討会 資料 1 ANA ホールディングス株式会社 (2023 年 12 月 26 日)「沖縄県久米島町におけるレベル 4 でのドローン配送実証実験成果報告」p.8 及び当社取材による

⁸ 機体の認証制度は、個別の機体に対する機体認証と、メーカーに対する型式認証に分かれる。自作の機体等で機体認証を取得することも可能だが、一般的には型式認証機を調達して機体認証を取得する。

⁹ 2023 年 5 月 25 日にイームズ式 E600-100 型、2023 年 11 月 10 日にプロドローン式 PD6B-CAT3 型の第一種型式認証が国土交通省に申請されているが、2023 年 12 月末現在認証取得には至っていない。

¹⁰ 日本郵便株式会社 地方創生ミニシンポジウム資料(2023 年 8 月 28 日)「日本初 レベル 4 飛行の実現と将来に向けた日本郵便の取組」p. 27

¹¹ ドローンジャーナル(2023 年 6 月 1 日)「日本初のレベル 4 飛行を実現した ACSL の型式認証プロジェクト-前例がない中、手探りの機体開発と申請後わずか 4 か月の中で進められた審査と試験-

¹² 国土交通省 航空局(2023 年 2 月 7 日)「無人航空機の飛行に関する許可・承認の審査要領 (カテゴリーⅢ飛行)」4-3-2

¹³ 公益財団法人福島イノベーション・コースト構想推進機構 福島ロボットテストフィールド(2023 年 3 月)「安全確保措置検討のための無人航空機の運航リスク評価ガイドライン」

¹⁴ ドローンジャーナル(2023 年 12 月 22 日)「ACSL、「レベル 4 飛行」実現のための要点を詳しく伝授-2023 年、初の「第一種型式認証」を取得したメーカーの立場から全国 4 か所で開催した、有料セミナーの内容をレポート-

以上のとおり、レベル4飛行は第三者上空を飛ぶことで飛行経路の自由度が増し、飛行の効率や定時性、安定性を増すことができるが、使用できる機体の積載量、航続距離も小さいため用途が限られている。また、運航管理体制の整備や徹底にも相応の能力が必要となるが、体制を整備しても機体性能が限られることから事業化に向けた飛行に結びつきづらく、現状では実証実験にとどまっていることが課題である。

(2) レベル3.5

レベル4は機体が1機種に限られており、運航管理体制整備の難しさに比して用途が限られることが課題である。一方、レベル3では多様な機体を利用できるが、看板や補助者の配置等の経費が大きく事業化が難しい。このため、既にレベル3での配送を行っている事業者からは喫緊の対応として立入管理措置に対する規制緩和と要望があがっていた¹⁵。これを踏まえ、国土交通省は機上カメラでの確認等を条件に立入管理の方法を緩和するレベル3.5を2023年12月に新たに制度化した。

《図表3》レベル3.5の機体例



(出典) NEXT DELIVERY プレスリリース¹⁶

レベル3.5飛行を開始したNEXT DELIVERYによると、レベル3.5により看板や補助者の人件費等が削減できる利点があり、同社の「新スマート配送 SkyHub の実装自治体ではレベル3.5飛行によるドローン配送事業を加速していく」¹⁷という。また、従来の機体を使用できることから積載量、航続距離が確保できること¹⁸、現在サービスを行っている地域では歩行者等の通行量が多くなく第三者上空を通過できる利点が大きくないことからレベル4の必要性は少ない¹⁹という。

以上のとおりレベル3.5によりドローン配送の可能性が高まっているが、課題は2つある。

一つは配送時の受け渡しである。現在のドローン配送では、配送先に荷物を放置する形になることが多い。従来のレベル3では着陸場所に補助者が必要になることが多いことから、補助者が荷物を受け渡すことが可能であった。しかし、レベル3.5又はレベル4になると無人を想定して荷物の受け渡し、着陸時の安全確保を行う必要がある。NEXT DELIVERYによると、レベル3.5ではカメラによる安全確認で着陸しているが、着陸地点に障害物があり引き返す場合もあったという²⁰。ドローンポートのような着陸地点の安全確保と荷物の保護が行える設備も検討が必要である。

もう一つは、機体の安全性の確認である。現在は、主に認証制度開始前から使用されており実績のある機体を使用されているため問題は少ないが、今後登場する機体については十分な実績を示して個別に審査を受けるか、第二種機体認証を取得する必要がある。特に、第二種機体認証機であれば許可・承認なしでレベル3.5飛行をすることができるため、新規導入も迅速にできる。2024年1月9日現在、第二種型式認証も取得1機種、申請中4機種²¹にとどまっているが、今後は安全性の確保とサービス拡大の容易さの両面から、第二

¹⁵ 内閣府 規制改革推進会議 第1回スタートアップ・投資ワーキング・グループ 資料1 株式会社エアロネクスト(2023年11月17日)「ドローン配送事業化に向けた要望」pp.9-13

¹⁶ NEXT DELIVERY(2023年12月8日)「NEXT DELIVERY、新設されたドローン飛行レベル「レベル3.5」の飛行承認を取得し12月11日に北海道士幌町で初飛行を実施～新スマート物流の社会実装に向けて大きな加速～」

¹⁷ ドローンジャーナル(2023年12月19日)「「レベル3.5飛行」ドローン配送の事業化で、陸路の配送効率を約2倍向上-北海道士幌、ドローン事業開始の先に見えた幹線開通のインパクト-」

¹⁸ NEXT DELIVERYの使用するACSLのAirTruckは積載量5kg、航続距離20km。

¹⁹ 当社取材による

²⁰ 当社取材による

²¹ 取得がソニーグループ式ARS-S1型の1機種、申請中がイームズ式E6150TC型、DroneWorkSystem式EGL49J-R1型、エアロセンス式AS-VT01K型及びセンチュリー式D-HOPE I-J01型の4機種。

種型式認証取得機が増加することが期待される。

4. 配送場所の人口密度とドローンの型式認証

前述のとおり、レベル 3.5 及びレベル 4 のいずれにおいても型式認証の取得が進むことが望ましい。ドローンの型式認証は想定された環境（「Concept of Operations」、略して「ConOps」といわれる。）での使用を前提として審査される。その際、安全目標値を満たしていることを証明する方法の一つとして、想定している飛行環境に応じた時間数の実証飛行試験を行う。

ドローンの墜落により人が負傷する可能性は、一般に人口密度が高いほど高まると考えられるため、国土交通省のガイドラインでは、第一種型式認証については人口密度が高いほど飛行試験に要する時間が長くなる米国の基準を参考として示している（図表 4）。第一種型式認証を取得している ACSL 式 PF2-CAT3 型は 150 時間の実証飛行試験を行っている²³ので、人口密度 390 人/km²以下での利用と考えられる。人口密度別の市区町村数は図表 4 のとおりで、390 人/km²以下は 1,137 市区町村となる。一方、第一種型式認証機の開発費が 10 億円程度かかること、現状では型式認証に国際的な相互認証制度がなく日本での認証は日本でしか有効でないことを考えると、日本国内で千機以上の市場が望まれる。

〈図表 4〉実証飛行試験時間と人口密度

第一種型式認証

実証飛行試験時間		人口密度	市区町村数	人口カバー率 (累積)	面積カバー率 (累積)
基本	パラシュート等あり				
375時間	150時間	390人/km ² 以下	1,137	23.2%	84.4%
1,100時間	540時間	1,159人/km ² 以下	279	43.5%	94.3%
2,500時間	1,400時間	2,703人/km ² 以下	147	60.7%	97.9%
3,600時間	1,800時間	3,863人/km ² 以下	57	68.1%	98.7%
5,000時間	2,500時間	5,408人/km ² 以下	31	72.0%	99.0%
7,200時間	3,600時間	7,725人/km ² 以下	33	80.1%	99.4%
記載なし	記載なし	15,000人/km ² 未満	41	95.0%	99.9%
制度対象外	制度対象外	15,000人/km ² 以上	16	100.0%	100.0%

(参考) 第二種型式認証

最大離陸重量	実証飛行試験時間
25kg未満	50時間
25kg以上	150時間

(出典) 国土交通省ガイドライン²²及び 2020 年度国勢調査より当社作成

レベル 3.5 では第三者上空を飛行することがないため、機体認証は必須ではなく、また取得する場合も第二種機体認証でよい。一方で、歩行者等がドローンの下に入る恐れがある場合は一時停止等をして避ける必要がある。一時停止等が起きる確率は、歩行者等の多さに左右されるので、一般的には人口密度に比例すると考えられる。NEXT DELIVERY がレベル 3.5 の早期導入を表明している地域とドローン配送を継続的に行っていると国土交通省が示している地域をあわせると 9 地域²⁴あるが、人口密度は茨城県境町を除き 390

²² 国土交通省「無人航空機の型式認証等の取得のためのガイドライン」p. 51

²³ ドローンジャーナル(2023年6月1日)「日本初のレベル4飛行を実現した ACSL の型式認証プロジェクト-前例がない中、手探りの機体開発と申請後わずか4か月の中で進められた審査と試験-」

²⁴ 該当地域の市町村名と人口密度()内は、NEXT DELIVERY が表明している地域が北海道上士幌町(6.9人/km²)、山梨県小菅村(13.0人/km²)、茨城県境町(519.4人/km²)、石川県小松市(286.3人/km²)、福井県敦賀市(255.6人/km²)、新潟県阿賀町(10.5人/km²)、以上に含まれず国土交通省の例示した地域が千葉県勝浦市(180.2人/km²)、長野県伊那市(99.0人/km²)、長崎県五島市(81.9人/km²) (出典：ドローンジャーナル(2023年12月19日)「レベル3.5飛行」ドローン配送の事業化で、陸路の配送

人/㎥以下である。

以上より、歩行者等に飛行が左右されやすい人口密度が高い地域ほどレベル4の需要があると考えられるが、現在は人口密度が高い地域をレベル4で飛行できる機体がない。図表4より、もし三段階目にあたる2,303人/㎥以下の地域まで飛行できるようになれば、1,563市区町村、人口カバー率60.7%、面積カバー率97.9%となる。市場の広がりやレベル3.5との差別化を考えると、人口密度がある程度高い地域でも飛行させられる第一種型式認証機の登場が求められる。

なお、中国では既に人口密集地²⁵でのドローン配送が始まっている。ただし、中国の審査要領でも人口密集地での飛行を許可しているものの、飛行経路下で建物等に守られずに露出している第三者の人口密度は300人/㎥以下²⁶とするよう定められており、「都市部ドローン物流航路の設定に関するマニュアル」においても航路は緑地や河川の上空等の第三者がいる蓋然性が低い場所を選ぶよう推奨²⁷されている。そのほか、離発着場所には第三者が立ち入らないように管理する必要²⁸もあり、ドローンポート等が利用されている。

以上のとおり、中国でも人口密集地で飛行することは可能ではあるが、航路設定の際に事実上過疎地と変わらない人口密度以下とすることによって、安全を確保することとなっている。日本ではKDDIスマートドローンがスマートフォンの位置情報をもとに人の少ない場所を選んで飛行経路を設定する実証実験を行った²⁹が、今後はこうした解決策も期待される。

5. おわりに

ドローンを配送で使用するには第三者上空を飛行するレベル4が望ましい。しかし、現状ではレベル4で飛行できる機体は開発費等の問題から1機種しかなく、またカメラ等の性能も向上していることから、機上カメラにより第三者上空を避けて飛行するレベル3.5が制度化された。

中山間地域においてはレベル3.5飛行での配送も考えられるが、今後ドローン配送を実装・普及させていくためには、ある程度人口密度が高い地域でも使える機体、特に第一種型式認証機の登場が待たれる。

ドローンの人口密集地での社会実装が進んでいる中国では、人口密度の考え方を地域単位とせずビル等に保護されていない人に限定することで、人口密集地で飛行できるようにしている。安全に関わることであり、中国でもこうした制度が実装されるまでには数十万回以上の飛行が行われた³⁰。

日本でもレベル3.5等を利用してドローン配送の回数を重ねることで、事業者や機体メーカーが知見を増やし、機体の開発が進むとともに、適切な規制に関する議論が進むことが期待される。

本資料は、情報提供を目的に作成しています。正確な情報を掲載するよう努めていますが、情報の正確性について保証するものではありません。本資料の情報に起因して生じたいかなるトラブル、損失、損害についても、当社および情報提供者は一切の責任を負いません。

効率を約2倍向上-北海道士幌、ドローン事業開始の先に見えた幹線開通のインパクト-、内閣府 規制改革推進会議 第1回スタートアップ・投資ワーキング・グループ 資料6 国土交通省(2023年11月17日)「無人航空機に係る取組の方向性について」p.4及び2020年度国勢調査)

²⁵ 中国の審査要領では、人口密度300人/㎥以下が人口過疎地、300人/㎥超15,000人/㎥以下が人口密集地と定義されている。なお、15,000人/㎥超の地域は審査要領の対象となっていない。(出典：中国民用航空局(2022年8月29日)《民用轻型无人驾驶航空器物流配送试运行审定指南》(IB-TM-2022-05)p.10)

²⁶ 中国民用航空局(2022年8月29日)《民用轻型无人驾驶航空器物流配送试运行审定指南》(IB-TM-2022-05)p.4

²⁷ 中国民用航空局(2022年7月29日)《城市场景轻型无人驾驶航空器物流航线划设规范》(MH/T 4054-2022)p.4

²⁸ 中国民用航空局(2022年8月29日)《民用轻型无人驾驶航空器物流配送试运行审定指南》(IB-TM-2022-05)pp.10-11

²⁹ KDDI、KDDIスマートドローン(2023年12月4日)「内閣府のスーパーシティ調査事業、ドローン検体輸送に人流データ活用で安全な飛行ルート選択」

³⁰ 深圳特区报(2023年2月23日)〈深圳允许人口密集区低空试运行无人机物流配送, 低空经济发展驶上快车道〉