ドローンの安全基準の明確化に向けて

長岡技術科学大学　木村（きむら）　哲也（てつや）
東京大学　五十嵐（いがらし）　広希（ひろき）

1.　はじめに

ドローン（無人航空機）は「空の産業革命」とも呼ばれ，建設分野においても施工管理，測量，メンテナンス，災害対応など，多様な業務への活用が進んでいる。今後，ドローンの利用は急速に増加すると見込まれており，その普及において最も重要な要素が安全性である。ドローンの安全確保には，機体の設計・製造，運航管理，操縦者の技能，機体の保守点検，安全管理のための組織管理といった複数の分野が関係する。欧米では，ドローンは「航空機」の一つとして捉えており，有人航空機の安全管理をもとに議論がされている。

しかし，特に小型のドローンに対して有人航空機と同じ安全管理は過剰である。このため，ドローンのユースケースを踏まえたリスクに応じた論理的かつ体系的に整理した議論がされており，日本でも同様のアプローチが必要となる。本稿では，ドローンの安全基準を明確化するための取り組みを概説し，建設分野における今後の課題について検討する。

なお，本稿では理解を容易にするため一部簡略化した表現を用いており，実際の飛行申請等では所定の関連法規やガイドライン等を参照いただきたい。本稿の内容は執筆者の見解であり，所属機関の公式見解を示すものではない。

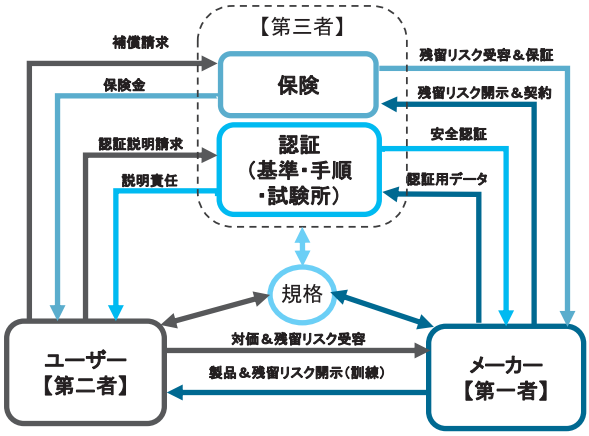
2.　ドローンの安全の基本的な考え方

一般に「安全」とは，「許容不可能なリスクがない状態」と定義されており[1]，ゼロリスクや絶対的な安全を意味するものではない。社会があるリスクを受け入れるか否かは，リスクの大きさの評価と，そのリスクと得られる利益とのバランスによって判断される。

リスク評価には多様な要素が関与するため，共通のリスクに対しては，多数のステークホルダーで議論された結果が規制や「規格（標準）」として整備されており，効率的なリスク評価を可能としている。特にリスクが高い場合には，そのリスク評価の妥当性を国や第三者機関によって事前に確認する「認証」を受けることで，客観性が担保される。

また，残存するリスク（残留リスク）による事故が発生した場合には，「保険」により金銭的補償を行うことで，社会的混乱の回避を図る。このように「規格」，「認証」，「保険」は，リスクマネジメントにおける社会的基盤を構成する三要素であり，ドローンの社会実装においてもこの枠組みが活用されている（図－1）。

社会において特に大きなリスクを伴う行為は，



図－1 「規格－認証－保険」による社会のリスクマネジメント構造

法的に規制されることとなる。日本の航空法においては「特定飛行」としてリスクの高い飛行が定義されており（表－1），これらの飛行を行うには原則として国土交通省の許可・承認が必要となる。

さらに，特定飛行を「どこで飛ばすか」という観点から分類したのが「カテゴリーⅠ～Ⅲ」であり（表－2，図－2），また「どのように飛ばすか」という技術的な高度化の程度を表したのが「レベル1～4」である（表－3）。カテゴリーが飛行の許可・承認の判断で用いられるのに対し，レベルは「空の産業革命に向けたロードマップ」[2]などで

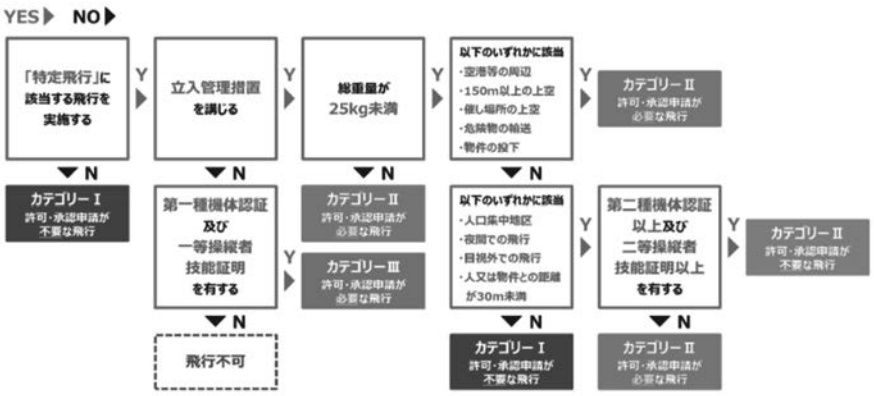
表－1 特定飛行の定義（機体重量 100 g 以上，屋外が対象）

区分	飛行内容
空域による区分	150 m 以上の上空，空港等の周辺，人口集中地区の上空，緊急用務空域
飛行方法による区分	夜間飛行，目視外飛行，人または物件と距離を確保できない飛行，催し場所上空での飛行，危険物の輸送，物件の投下

表－2 飛行形態の「カテゴリー」

カテゴリー	内容	許可・承認の要否
Ⅰ	特定飛行に該当しない	原則不要（航空法以外検討要）
Ⅱ	特定飛行に該当し，立入管理措置※により第三者上空を飛行しない	許可・承認が必要（第二種機体認証＋二等操縦士で許可・承認が不要となる場合あり）
Ⅲ	特定飛行に該当し，立入管理措置※を講じず第三者上空を飛行する	許可・承認が必要（第一種機体認証＋一等操縦士が許可・承認に必要）

※立入管理措置：飛行エリアに第三者が立ち入らないように，飛行の補助者や，立入を禁止する看板等の配置，道路横断前の一時停止等を実施する



図－2 飛行カテゴリー決定のフロー図（出典：国土交通省ホームページ）

表－3 飛行の高度化の「レベル」

レベル	内容	対応カテゴリー
1	目視内飛行（手動操縦）	Ⅰ
2	目視内飛行（自動・自律飛行）	Ⅰ
3	無人地帯（立入管理措置あり）での目視外飛行	Ⅱ
3.5	無人地帯（立入管理措置なし※）での目視外飛行	Ⅱ
4	有人地帯（第三者上空）での目視外飛行	Ⅲ

※機上カメラによる監視，無人航空機操縦者技能証明の保有および保険への加入が必要

飛行形態や技術の進展を示す指標として用いられている。

レベルが上がるにつれ，要求される機体の性能，操縦者の技能，安全対策は高度化していく。特に第三者の上空の飛行を可能とする「レベル 4」では，「第一種機体認証および一等操縦士技能証明」が必須となる。

3. 機体認証と操縦者技能証明

機体認証とは，ドローンの強度，構造，性能が国の安全基準に適合しているかを確認する制度であり，個々の機体について検査を行い，安全性を保証するものである。量産機の場合には，個別機体認証に代わる制度として型式認証が活用される。無人航空機操縦者技能証明は，ドローンを安全に飛行させるために必要な知識と技能を有することを国が認定する資格制度であり，自動車の運転免許と同等の制度になる。

これらの制度は，飛行リスクに応じて適用され，特にカテゴリーⅡおよびⅢの飛行においては，組み合わせ次第で許可・承認が簡略化または不要となる場合がある（表－2）。表－4，5 に機体認証および無人航空機操縦者技能証明の概要をそれぞれ示す。

型式認証の普及がドローンの利用拡大（特にレベル 4）に必要であり，型式認証の基本となるシステムズエンジニアリングの入門教材や，型式認証等の取得のためのガイドライン解説書等が経済産業省のプロジェクトの一環として公表されている[3]。

4. ドローンの運用

ドローンの運用とは，実際の飛行に関わる「運航」に加え，それを支える準備・管理・記録といった周辺業務全体を指す。本章では，運航管理，労働安全，サービス品質保証の 3 点からドローンの運用の基本事項を説明する。

(1) 運航管理

ドローンの運航管理は飛行の許可・承認と直接関係するプロセスであり，典型的な運航に対しては国土交通省航空局より飛行マニュアルが提供されている[4]。これは，安全な飛行を実現するための最低限の基準を定めたものである（表－6）。

運航者は，飛行マニュアルの記載事項を遵守するとともに，使用する機体や飛行方法，周辺環境に応じて，必要なリスク評価を事前に行い，追加の安全対策を講じることが求められる。マニュアルに基づかない飛行を行う場合には独自のリスクアセスメントを行い，飛行の妥当性を示す必要が

表－4　機体認証の概要（※型式認証は参考情報）

項　目	第一種機体認証	第二種機体認証
飛行範囲	カテゴリー III まで可能	カテゴリー II まで可能
検査機関	国	登録検査機関（民間）
検査基準例	フェールセーフ設計が必須	フェールセーフ設計を推奨
機体の設計製造の品質管理	厳格な管理体制 （第三者への証明が必要）	第一種より緩やかな管理体制 （一部自己確認でも可）
有効期間	1 年（型式認証取得機は 3 年）	3 年
型式認証※例	ACSL 社 PF2-CAT3 型の 1 機種	DJI 社 Mavic Mini 4 Pro 含む 6 機種

表－5　無人航空機操縦者技能証明の概要

項　目	一等無人航空機操縦士	二等無人航空機操縦士
飛行範囲	レベル 4 飛行まで可能	レベル 3.5 飛行まで可能
難易度	高い	一等より容易
試験内容	学科 70 問，実地試験（高難易度）	学科 50 問，実地試験（一等より容易）
有効期間	3 年	3 年

表－6　航空局 無人航空機飛行マニュアル概要（インフラ点検を目的とした（場所を特定しない）申請について適用，令和7年3月31日版）

章タイトル（主な内容）
1.　無人航空機の点検・整備（点検・整備方法，記録）
2.　無人航空機を飛行させる者の訓練及び遵守事項（操縦技量の取得・維持，記録，遵守事項（負傷者救護義務含む））
3.　安全を確保するために必要な体制（基本的な体制，目視外飛行等の体制，非常時の連絡体制）

ある。ドローンのリスクアセスメント手法としては「SORA（Specific Operation Risk Assessment）」が知られており[5]，空中衝突リスク（Air risk）と地上衝突リスク（Ground risk）を評価する。

(2)　労働安全

ドローンを産業利用するにあたり，操縦者および周囲作業者の労働安全を確保することも不可欠である。そのためには，ISO 45001[6]や建設業労働災害防止協会（建災防）のCOHSMS（コスモス）[7]といった既存の労働安全マネジメントシステムを活用することが安全の説明責任を果たす上で望ましい。

ドローンの作業には，飛行中の安全のみならず，バッテリーの充電や整備中の感電・火災リスクなども含まれ，これらも含めた包括的なリスクアセスメントが必要である。また，保護メガネなどの個人保護具の活用も労働安全上，重要である。近年の実験では，一定の規格（EN166，ANSI Z 87.1）に準拠した保護メガネがプロペラ衝突リスクの軽減に有効であることが示されている[8]。

(3)　ドローンサービスの品質保証と標準性能試験法（STM）

業務でドローンを活用する際には，取得した画像やデータの品質が業務品質に直結するため，サービスの品質保証も重要となる。2024年にはドローンサービスの品質マネジメント規格である「JIS Y 1011」が発行され，これが基本になると考えられる[9]。JIS Y 1011は，ISO 9000系の品質マネジメント規格（JIS Q 9000）やリスクマネジメント規格（JIS Q 0073）と整合性を持っており，ドローンサービスの提供体制を組織的に管理する上で有効である。今後，JIS Y 1011を軸とした品質保証体制の構築と，各種ガイドラインの統合的な活用が期待される[10]。

ドローンに求められる性能は分野ごとに異なるため，分野ごとの標準的な性能評価手法の整備も品質保証では課題となる。米国では米国立標準技術研究所（NIST）により災害対応分野でドローンの標準性能試験法（Standard Test Method for performance：STM）の開発・整備が進められている[11]。

STMは共通基盤性能を，繰り返し可能，再現可能，低価格で定量的に評価できることを目指しており（図－3，4），全米防火協会（NFPA）の公共安全分野でのドローン利用規格の中で，STMによる操縦者技能証明が推奨されている[12]。

このような分野ごとのドローン利用特性を考慮した標準性能試験法の整備が，品質保証のために各分野で今後必要と考える。

（a）正対した状態　　（b）正対から外れた状態

図－3　sUAV-STMで用いられるバケツとターゲット

バケツに正対するとバケツ底のターゲット上の緑色の内接円がつながって見える（この状態で見えたら5点）。正対から外れた状態では円は途切れて見える（1点）。ターゲットの中央部には大きさの異なる視力検査表（ランドルト環）が5つ中心を同一として表示されている。視力検査表が1つ視認で1点で，最大5つの視認で5点である。

図－4　オムニスタンド（左）と NIST sUAV-STM での利用例（右）

オムニスタンドでは地面に垂直なバケツの周り４方向に地面と 45 度の角度でバケツを配置している。ドローンが２つのバケツに正対するとその交点にドローンがいることが分かる（図中青色の線と点）。正対するバケツを適切に組み合わせることで，３次元空間内でドローンの飛行軌道を指定できる。

5.　ドローンの安全基準の明確化に向けた建設分野での課題と展望

建設分野におけるドローン活用は，施工効率やデータ収集の高度化といった多くの利点をもたらしている。一方で，安全確保，品質保証，そして多様な現場条件への対応といった複雑な課題に直面している。

第一に，飛行許可や運航管理に関する制度が整備されてきたとはいえ，現場ごとのリスク特性に応じた安全対策が不可欠である。現場特性を考慮するためにはリスクアセスメントの実施と飛行マニュアル等の参照に加え，個別の現場に即した運用判断が求められる。

第二に，労働安全の観点からは，飛行中以外の作業（例：整備）も含めた包括的な安全管理が必要である。個人保護具の安全基準の整備や，実証に基づくリスク低減措置の導入も課題である。

第三に，ドローンサービスの成果物としてのデータの品質保証体制を構築する必要がある。JIS Y 1011 のような新たな標準規格に基づく運用体制を構築し，継続的な改善とガイドラインの統合的活用が求められる。また分野ごとの特性を考慮したドローンの標準性能試験法の整備も，品質管理には必要と考えられる。

今後は，制度整備の動向に注視しつつ，現場からのフィードバックを反映した実用的な安全基準・運用手法の普及が期待される。

謝辞：この成果は，NEDO（国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構）の委託業務（JPNP22002）の結果，得られたものです。

【参考文献】

1）　日本産業規格，JIS Z 8051　安全側面 －規格への導入指針，2015
2）　経済産業省，「空の産業革命に向けたロードマップ 2024」の考え方について，https://www.meti.go.jp/policy/mono_info_service/mono/robot/pdf/2024_uas_roadmap.pdf（2025.5.26 アクセス）
3）　NEDO ReAMo プロジェクト，次世代空モビリティの安全認証および社会実装に求められる性能評価手法に関する研究開発，https://reamo.nedo.go.jp/introduction/introduction_1_1_1_2#al03（2025.5.27 アクセス）
4）　国土交通省，無人航空機（ドローン・ラジコン機等）の飛行ルール，https://www.mlit.go.jp/koku/koku_tk10_000003.html　（2025.5.26 アクセス）
5）　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，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，2023，https://www.fipo.or.jp/robot/news/topics/post-9455（2025.5.26 アクセス）
6）　日本産業規格，JIS Q 45001　労働安全衛生マネジメントシステム －要求事項及び利用の手引，2018
7）　建設業労働災害防止協会，COHSMS（コスモス）のご案内，https://www.kensaibou.or.jp/safe_tech/cohsms/index.html（2025.5.26 アクセス）
8）　五十嵐他，小型 UAV のプロペラによる危害の評価（第二報）－保護メガネの有効性に関する実験的検証－，日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会予稿集，1A1-C11(1)，2020
9）　日本産業規格，JIS Y 1011　ドローンサービスの品質 －ドローンサービス事業者に対するプロセス要求事項，2024
10）　木村他，プラント点検ドローン運航ガイドマップの開発，日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会予稿集，2025（発表予定）
11）　木村哲也，災害対応ロボット・ドローンの実用化と標準性能試験法，計測と制御，62 巻 5 号，p.260-263，2023
12）　National Fire Protection Association, NFPA 2400 Standard for Small Unmanned Aircraft Systems（sUAS）Used for Public Safety Operations, 2024