

# 空の産業革命 - ドローン時代の幕開け -

## Industrial Revolution in the air

### - the dawn of a drone age -

熊田貴之 博士(工学)  
Dr. Takayuki Kumada  
ブルーイノベーション株式会社代表取締役社長  
Blue Innovation Co.Ltd. CEO.  
E-mail: info@blue-i.co.jp

#### 1. 2015 年は「無人航空機」元年

「Amazon、ドミノピザ、DHL が、無人航空機を活用し宅配ビジネスを」、「Google、facebook が、通信インフラを」、「Yahoo! JAPAN がブルーイノベーションと共同で地図コンテンツを」、続々と無人航空機のサービスをリリースし、世界的に無人航空機ブームが沸き起きている（図 1）。

その背景には、ICAO（国際民間航空機構）が、2018 年に無人機を航空機規則に組み込むことを決定したことが大きく影響している。これに伴い、米国政府や EU では、法改正し無人機を航空機として扱うことを決定し、我が国でも 2015 年 9 月 11 日に航空法の一部を改正する法律が公布され、はじめて「無人航空機」が定義された。まさに、2015 年は、「無人航空機」元年とも言うべき歴史的な年となる。

#### 2. 無人航空機とは？

無人航空機は世界では、UAV（Unmanned Aerial Vehicle）、UAS（Unmanned Aircraft Systems）、Drone などと呼ばれ、全幅 30 メートルを越える本格的な機体から手の上に乗る小さなラジコンまでの様々な大きさのものが存在し、固定翼機（飛行機）、回転翼機（ヘリコプター、マルチコプター）、テイルシッター機、飛行船など様々な種類の無人航空機があり、いずれも軍用・民間用として実用化されている（図 2）。操縦は基本的に無線操縦で行われ、機体を目視しながらの操縦や、衛星回線を利用して制御するものまである。飛行ルートを座標データとしてあらかじめプログラムすることで GPS などの援用で完全自律飛行できる。



図 1 世界の無人航空機サービス

### 3. 民生利用

世界での無人航空機の民生利用については、2011年 ICAO の EU レポートによれば、安全（偵察、警備）、モニタリング（工事現場、自然環境）、災害対策（救助活動監視、災害規模測定）、農業（農薬散布）、通信（中継）、調査（地形調査、鉱物資源探索）などで活用されている（表 1）。

一方、我が国の無人航空機の民生利用を調査すると、以下の結果となった（表 2）。調査は、国内のインターネット上で無人航空機サービスを掲載している法人の事業内容をカテゴリー別に分類した。最も多かったのが、建築・土木工事分野（老朽化建物調査、のり面調査など）、調査・測量分野（遺跡・文化財調査、環境調査など）であった。また、プロモーション分野（マンション販促、施設 PV など）、報道分野（テレビ、新聞など）、イベント分野（卒業記念、ブライダル写真など）、その他（農薬散布、ソーラーパネル管理等）がある。国内では、9 割がヘリコプター・マルチコプターを利用している。



図 2 無人航空機の種類

表 1 世界の無人航空機の民生利用例

利用項目	事例
安全	警備保障、偵察、監視、空中警察、群衆監視、交通安全、探索、救助
モニタリング	工事現場、水路、航路、石油ガスパイプライン、森林、漁場保護、公害防止、エアースAMPLING、農作物生育状況、海岸、公園のごみ
災害対策	災害状況監視、救助活動監視、災害規模の測定
農業	農業活動、農薬散布
通信	通信中継、通信エリア調査
調査	石油ガス開発、生産、鉱物資源探索、地形調査

表 2 国内の無人航空機の民生利用例

利用分野	事例
建築・土木工事分野	土木・建築工事、老朽化建物調査、河川工事、地滑り調査、のり面調査、橋梁調査、工事進捗、道路工事、港湾工事、森林調査、都市計画、砂防・ダム調査
調査・測量分野	災害調査、火災現場調査、防災点検、遺跡・文化財調査、植生調査、環境調査、河川堆砂状況調査、地滑り調査、森林観察・記録、海洋生物観測、河川・海岸調査、環境保全モニタリング、大気放射能測定、気象観測、交通調査、地図、道路調査、事故調査、標定点測量、俯瞰図、等高線図、急傾斜地・斜面調査、地質調査、残土調査、棚田調査、地理情報システム、オルソモザイク、GIS
プロモーション分野	景色・風景、マンション販促、不動産販促、分譲地、個人住宅、公共施設、工場全景、農地、観光施設、ゴルフ場、社屋、学校、眺望、テーマパーク、庭園・公園・名所、屋内、広告、リゾート、地域一帯、大型施設、商業施設、パンフレット、CM、音楽PV、展示映像、企業PV、自治体PV、観光PV
報道分野	テレビ、報道、ドラマ、新聞
イベント分野	イベント、祭事、スポーツ、運動会、人文字、記念撮影、結婚式、卒業記念、社屋完成 自宅新築・増改築記念、ブライダル写真、ディナーショー
その他（管理）	農薬散布、立ち入り困難撮影、防災システム、ソーラーパネル管理、風力発電管理、ウェブコンテンツ、ゴルフ場管理、送電線・鉄塔調査、河川敷管理、警察、資産評価、山林管理、田畑管理、鉄道管理、採石場管理、ため池管理、屋上緑化管理

#### 4. 市場

米調査会社 FROST&SULLIVAN によると、世界の 2014 年の無人航空機市場の規模は、117 億ドル（約 1.4 兆円）（図 3）。これが 20 年には、228 億ドル（約 2.7 兆円）にほぼ倍増すると見込まれる。牽引役は、商用とホビー用途を合わせた民生利用で、民生市場の規模は 20 年には軍事利用とほぼ同規模になると見られている。

米国の国際無人機協会（AUVSI）は、無人航空機の経済効果は、2025 年までに米国内だけでも累計で 820 億ドル（約 9.8 兆円）に及び、10 万人以上の雇用を生み出すというレポートを発表している。この試算は、既存の農業用途からの推定値で、今後の様々な用途開発次第では、市場はさらに大きくなる可能性がある。

一方、国内の産業用無人機の市場は、シード・プランニングの調査によれば、2019 年には 100 億円を超え、2022 年には、400 億円を超えると予測している（図 4）。分野別割合は、図 5 のようになっており、農薬散布の割合は減少し、倉庫、測量、整備点検の割合は増加する。

無人航空機の実用化ロードマップにおいては、米国 Cyphyworks が図 6 を発表している。2014 年から 2015 年にはホビーや空撮用途、2015 年から 2016 年にかけて観測や監視用途（橋梁、農業など）、2017 年から 2018 年にかけて評価や管理用途（運用管理、マッピングなど）、2019 年以降は物流や運送用途（通販、医薬品など）で実用展開していくと予想している。

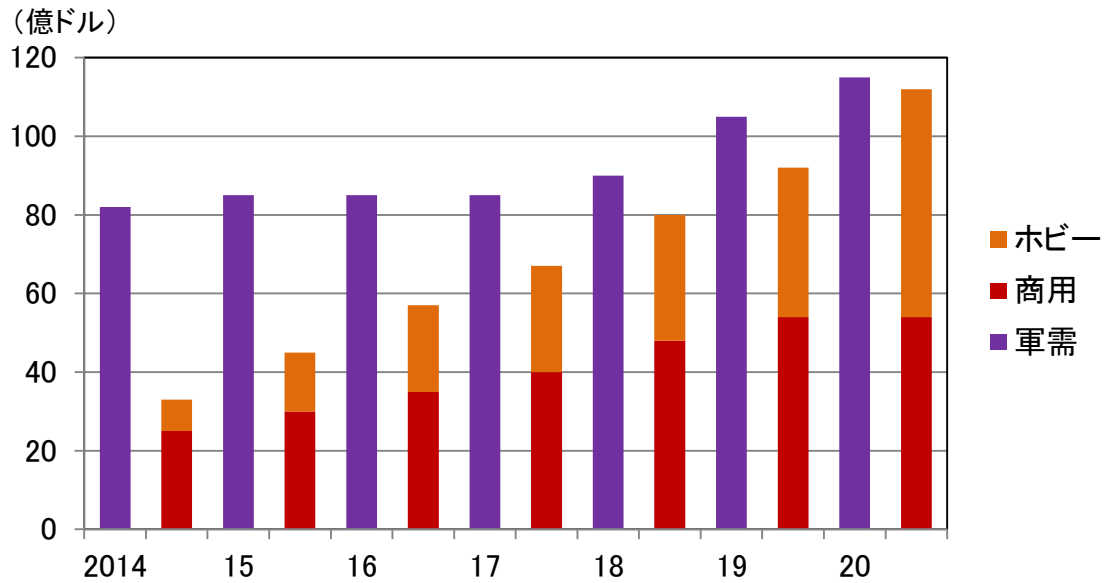


図3 世界の無人航空機システム市場の成長予測

(出典 FROST&SULLIVAN 分析 (2014年)「無人航空機システムの世界市場予測」)

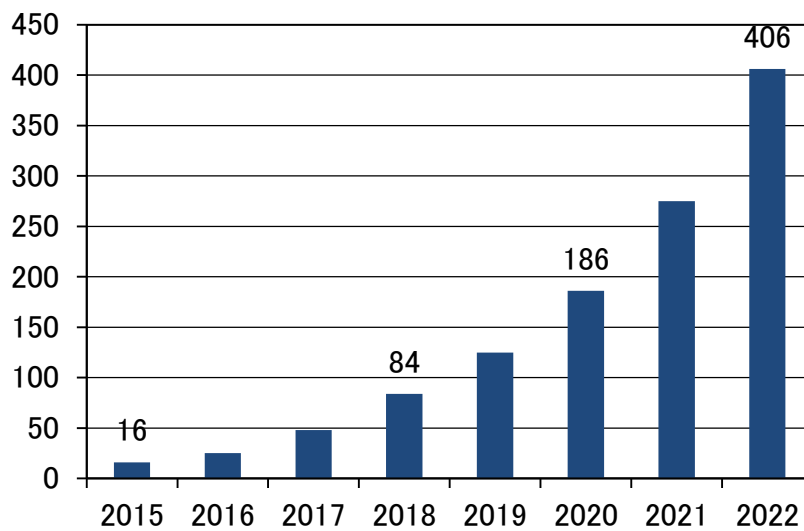


図4 国内産業用無人機市場規模予測

(出所：シード・プランニング 産業用無人機(飛行機・ヘリ)の現状と用途別市場動向)

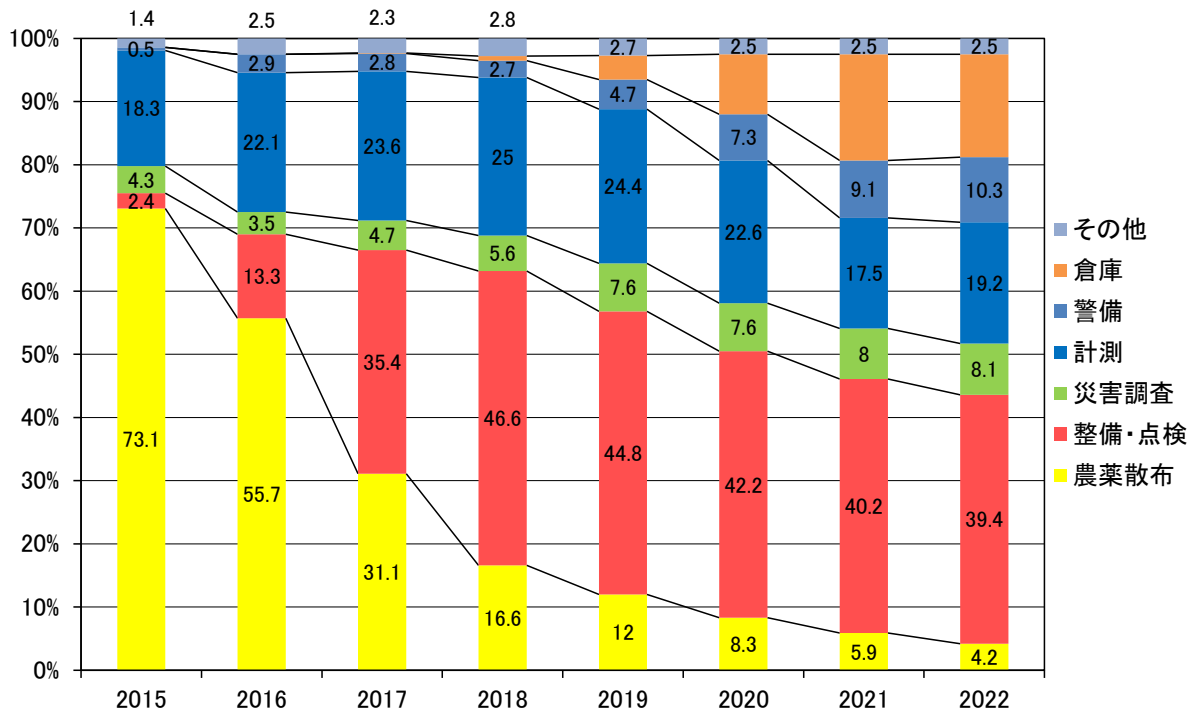


図5 無人航空機の利用分野別割合予測

(出所：シード・プランニング 産業用無人機(飛行機・ヘリ)の現状と用途別市場動向)

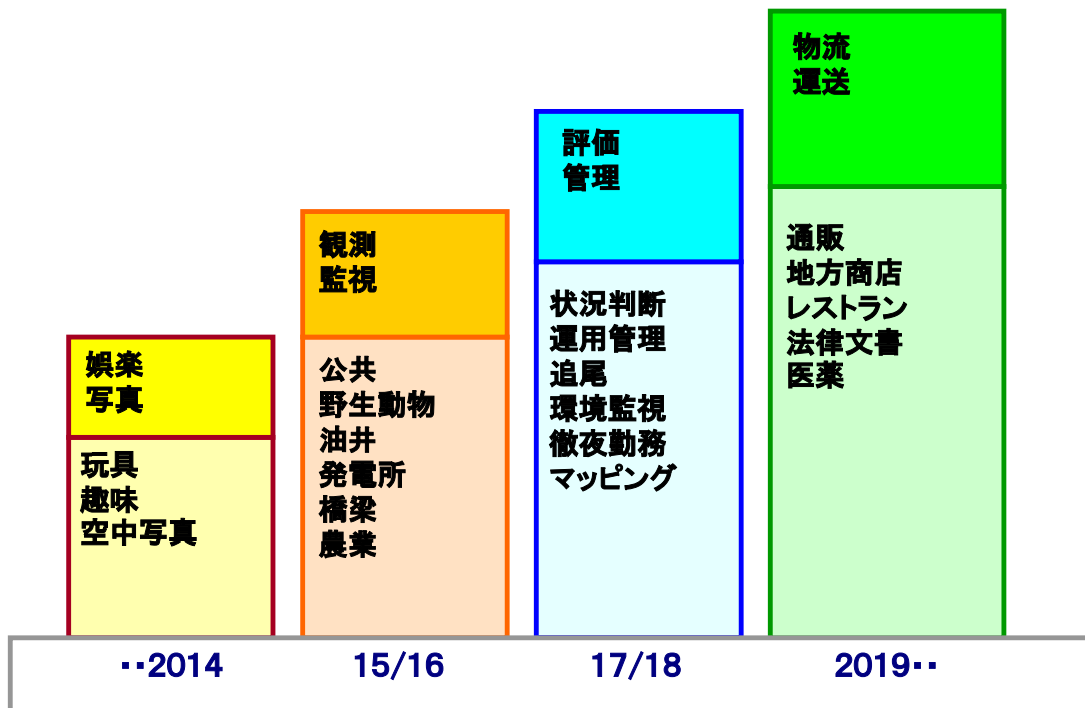


図6 無人航空機の実用化ロードマップ (出典: Cyphyworks)

## 5. 世界の無人航空機メーカー

世界の主要な無人航空機メーカーとしては、DJI（中国）、3D Robotics（アメリカ）、Parrot（フランス）などが挙げられる。

DJI は、2006 年に香港科学技術大学の電気工学専攻生 Frank Wang が学生寮で創設し、2013 年には 1 億 3000 万ドルの売上を達成、従業員 1240 人、2014 年には約 5 億ドル、従業員 2800 人まで拡大し、中国国内に数カ所の工場と各国に営業所を構えている。主力商品は、Phantom という 4 軸ローターを有するマルチコプター（1機 1200 ドル）である。

3D Robotics は、2009 年に Anderson Muñoz が創設し、毎年 140%の売上増を出して 2013 年には 1,000 万ドルの売上を達成、従業員は 200 人以上、本社はアメリカ、工場はメキシコ・ティファナに構えている。主力商品は、IRIS+という 4 軸ローターを有するマルチコプター（1機 7.2 万円）である。

Parrot は、1994 年に創業したパリの電子機器メーカーであったが、2010 年よりホビー用無人航空機を販売、2014 年には、2.4 億ユーロの売上を達成、従業員は 700 人以上で、主にフランス内に本社・工場を構える。主力商品は、AR DRONE という 4 軸ローターを有するマルチコプター（1機 4.3 万円）である。

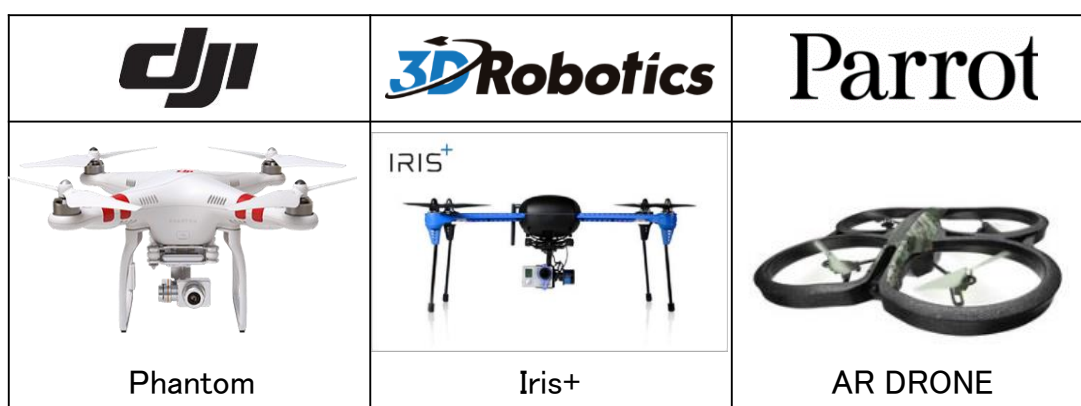


図 7 世界の主要な無人航空機メーカーとその主力機

## 6. 適用事例

ブルーイノベーションが実施してきた無人航空機の適用事例を、以下に紹介する。

### (1) 海岸モニタリング調査

従来、海岸の広域情報を収集する方法として航空機を用いた空中写真撮影が行われてきたが、飛行許可申請が必要なため撮影日の変更できない点、撮影に要する経費、高高度を飛行するため気象の影響を受けやすく、画像に歪みが生じるなど課題があった。2009 年 11 月に海岸のモニタリング調査において、固定翼型のドローンを用いて検討した結果、上記課題の解決に加えて従来の空中写真撮影では把握できなかった、1.波浪（波向、波長、周期）、2. 離岸流の発生位置・流速、3. 波の遡上位置、4.濁りの拡散状況、5.砂浜表面の底質状況、6.同一高度・同一飛行経路の飛行、7.海岸構造物（護岸・突堤・ヘッドランド・離岸堤など）の状況、8. 背後の土地利用状況などを把握できた（図 8）。従来の航空機調査と比べて観測範囲は狭いが、多くの情報が得られるため、季節的な観測や短期集中的な観測に有効であることが分かった。

### (2) 地形計測

プラント建設箇所や、大規模造成工事の現場では、広範囲の地形測量を複数回必要とする。また、急傾斜地などが立ち入りにくい箇所でも、状況把握のための測量のニーズは多い。従来では、光波測量や 3D レーザー測量などを用いるが、作業時間や機器が高額といった課題があった。無人航空機から高解像度の空中写真撮影を行ない、ステレオ写真測量により 3 次元地形を作成する事で、作業時間、解析時間を大幅に短縮でき、コスト削減、かつ計測誤差は平面方向±2cm、鉛直方向±5cm 程であり、土量計測などには、十分な精度を確保できることが分かった（図 9）。



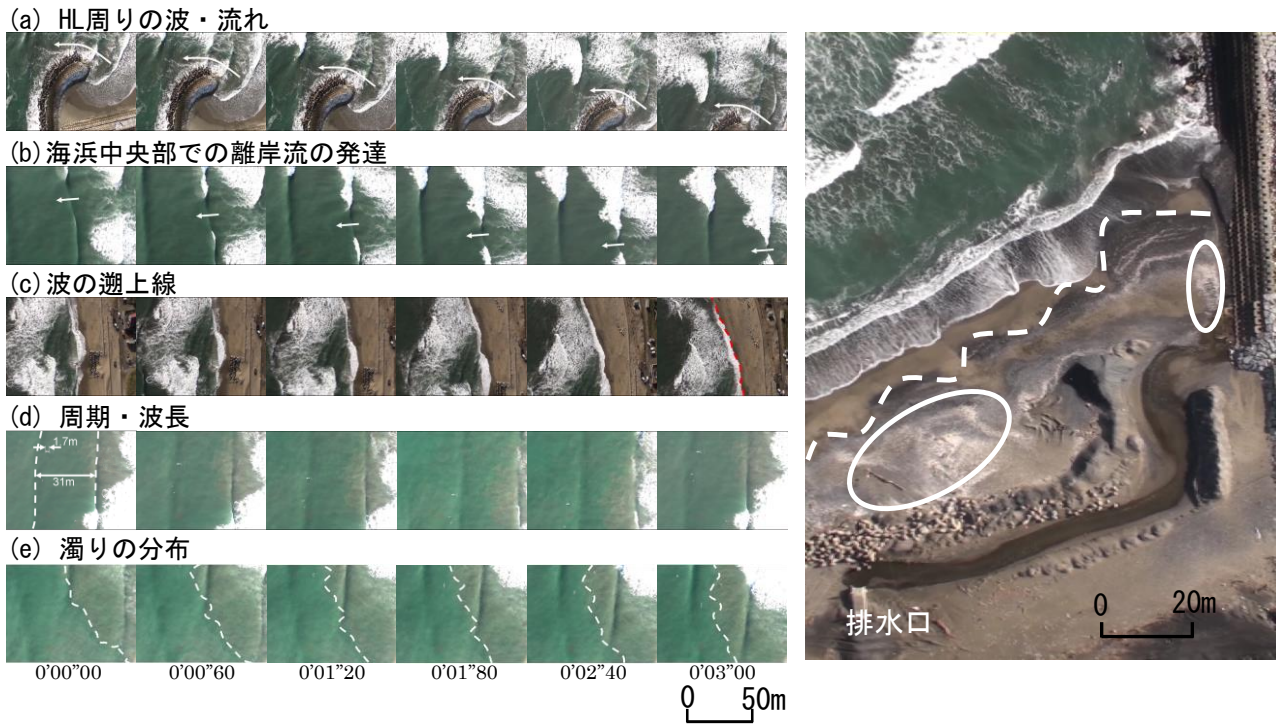


図8 無人航空機を活用した海岸モニタリング調査の成果例

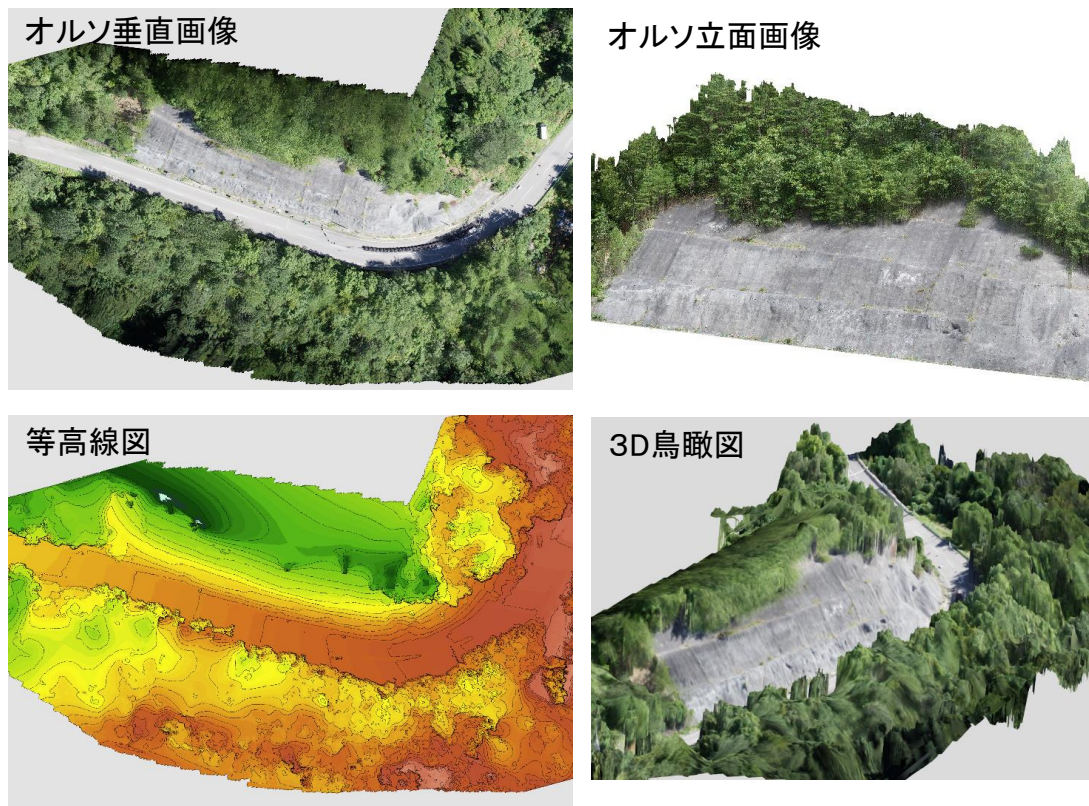


図9 無人航空機を活用した地形計測の成果例



### (3) 構造物の点検

日本の社会インフラ設備は、1970年代以降に多く整備された。現在、高齢化が進みコンクリートの耐用年数（30～50年）を越えるものが急速に増加している。道路橋梁の例では、全国70万橋の内、50年経過した橋は7万橋、今後10年で17万橋に増える。高齢化した構造物の維持には、点検・補修が必要だが、従来の点検法では多くの時間・コストがかかるなど課題があった。無人航空機で構造物点検を行なうことで、工事や交通規制が必要なくなるため、作業時間・コストの改善、安全性の向上が図れることが分かった。



図10 無人航空機を活用した橋梁点検の成果例

地図アプリ「Yahoo! 地図」



アトラクションサイト  
「Yahoo! JAPAN のび太と空中散歩」

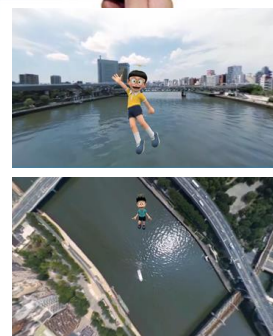
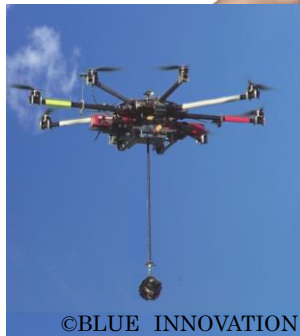


図11 無人航空機によるパノラマコンテンツの作成例



#### (4) 広大な施設のプロモーション映像撮影

無人航空機による撮影の特徴の一つとして、地上から高度 150m 内の自由な高さから、上下左右の自由なアングルで、移動しながら撮影できる点が挙げられる。この特徴を活かし、広大な施設を自由自在に撮影することで、従来では撮影できないアングルや躍動感あふれるプロモーション映像となり、効果的である。例えば、1. 学校・企業・工場などの施設全景写真、2. 敷地内や周辺環境の映像、3. 公園や遊園地などを移動しながら撮影した躍動感ある映像、4. 建築物に接近した映像・写真、5. 季節や時間を変えた定点写真・映像など大変有効であった。

#### (5) 360 度パノラマコンテンツ

「Blue Sky Pano®」は、ブルーイノベーションが開発した技術であり、無人航空機を活用した上空からの 360 度パノラマ映像の撮影と、その 360 度パノラマコンテンツをスマートデバイスやヘッドマウントディスプレイで閲覧可能なサービスである（図 11）。ユーザーに臨場感豊かな未体験 360 度パノラマ映像を提供でき、現在は、地図コンテンツ（Yahoo!地図で採用）、アトラクションサイト（Yahoo!JAPAN のび太と空中散歩で採用）、エンターテインメントの演出、教育支援、観光案内などに活用されている。

### 7. 今後の想定される適用例－浮き屋根式タンクの点検の可能性－

我が国の製油所には、多くの浮き屋根式タンクが設置されており、これらのタンクには、引火点が低く揮発性の高い危険物を貯蔵している。浮き屋根が沈降した場合に、浮き屋根の表面に危険物が現われ、引火した場合には火災事故に発展する危険性がある。近年、台風、竜巻、大雨や地震等の自然災害によって浮き屋根が沈降する事故が発生している。消防庁では、事故を未然に防ぐために、自然災害の発生後に、速やかに浮き屋根を点検することを通達した。しかし、浮き屋根式タンクは、直径数十 m～、地上高さ 20m～程度のものが、製油所に複数存在する上、現状では直接人が目視して点検する手法がとられており、災害発生後に速やかに点検する事は容易ではない。

無人航空機を用いて、災害発生後に浮き屋根の上空から撮影を行なうことにより、従来の点検手法よりも、短時間で点検が可能と考えられる。しかし、万が一一点検中に無人航空機が落下した場合、動力に用いるリチウムポリマーバッテリーが破損・発火し、二次災害となる可能性もある。したがって、これらを防止するため万が一無人航空機が落下した場合でも、浮き屋根式タンクに被害が生じないように、適切な距離を保って飛行する必要がある。無人航空機が落下する際は、重力と水平移動の慣性力および無人航空機の形状から、斜め方向に落下する。浮き屋根式タンク点検時に、最低限確保すべき水平距離の例を図 12 に示す。これらを注意し、適切に飛行経路を設定する事で、安全で効率的に点検できる可能性は高い。

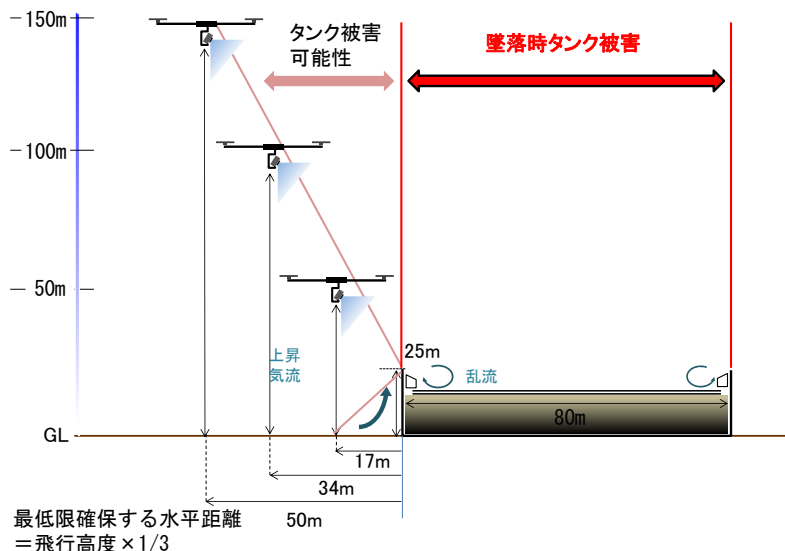


図 12 無人航空機を用いた浮き屋根式タンク点検において最低限確保すべき水平距離

## 8. 安全上の課題

無人航空機の利用者数が増加するにつれ、事故件数も増加しており、米国でも、FAA（米国連邦航空局）が公開した2014年の無人航空機の不正行為（有人航空機とのニアミス、禁止区域での飛行等）は200件近くが記録されている。国内でも、湘南国際マラソンでの落下事故で、女性スタッフは顔に軽傷を負ったり、官邸の屋上で無人航空機が落下したり、善光寺では御開帳の行事のさなかに境内に落下するなど事故報告が絶えない。

今後、安全な無人航空機の運用には、技術的課題と産業インフラの課題を解決していく必要がある（表4）。技術的課題では、非GPS環境下での位置推定、衝突防止、長時間飛行、風・雨への耐性、画像伝送、故障への対応などが挙げられる。また、産業インフラの課題としては、操縦ライセンス、機体認証、事故データ収集、飛行基準、保険、プライバシーの問題が挙げられる。

表4 無人航空機の課題

技術的課題	産業インフラの課題
<ul style="list-style-type: none"><li>①航法<ul style="list-style-type: none"><li>・GPSの精度向上</li><li>・非GPS環境下での位置推定（画像処理）</li></ul></li><li>②自律制御<ul style="list-style-type: none"><li>・衝突防止</li><li>・遠隔操作の確実性</li></ul></li><li>③機体<ul style="list-style-type: none"><li>・長時間飛行（軽量化、バッテリー、燃料電池）</li><li>・部品の信頼性</li></ul></li><li>④飛行環境<ul style="list-style-type: none"><li>・風、雨への耐性</li></ul></li><li>⑤通信<ul style="list-style-type: none"><li>・画像伝送</li><li>・リアルタイム、耐遮蔽性</li><li>・視程外飛行（自動飛行、衛星通信、携帯回線）</li></ul></li><li>⑥安全対策<ul style="list-style-type: none"><li>・GPSロスト時の対応</li><li>・故障時の対応</li></ul></li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>①操縦者<ul style="list-style-type: none"><li>・操縦ライセンス（技能、知識）</li></ul></li><li>②機体<ul style="list-style-type: none"><li>・認証、検査制度</li></ul></li><li>③業務管理<ul style="list-style-type: none"><li>・飛行の把握</li><li>・業務管理</li></ul></li><li>④事故データ収集<ul style="list-style-type: none"><li>・事故の把握</li><li>・安全性向上</li></ul></li><li>⑤飛行基準<ul style="list-style-type: none"><li>・飛行高度</li><li>・飛行エリア</li></ul></li><li>⑥賠償責任<ul style="list-style-type: none"><li>・法体系</li><li>・保険制度</li></ul></li><li>⑦プライバシー<ul style="list-style-type: none"><li>・プライバシー保護</li></ul></li><li>⑧武器拡散禁止<ul style="list-style-type: none"><li>・輸出規制</li></ul></li></ul>

## 9. 一般社団法人 日本 UAS 産業振興協議会の発足

ブルーイノベーションが事務局となり、近年飛躍的な発展を遂げている無人航空機システムの、民生分野における積極的な利活用を推進し、UAS 関連の新たな産業・市場の創造を行うとともに、UAS の健全な発展に寄与することを目的として、2014年7月に「一般社団法人 日本 UAS 産業振興協議会」（JUIDA : Japan UAS Industrial Development Association）を設立した。

JUIDA では、国内外の研究機関、団体、関係企業と広く連携を図り、ドローンに関する最新情報を提供するとともに、さまざまな民生分野に最適なドローンを開発できるような支援を行う。同時に、ドローンが安全で、社会的に許容される利用を実現するために、操縦技術、機体技術、管理体制、運用ルール等の研究も行う。国交省、経産省、総務省とも連携し、2015年8月4日に、法規制と注意事項をまとめた安全指針（ガイドライン）を策定した。また、2015年10月に、一定の基準と条件を満たした操縦者に資格を付与するパイロットライセンス制度を導入することも決定した。今後は、機体および事業者認定制度導入に向けて調査を進めている。現在の会員数（法人会員、個人会員、公共会員など）は200会員を超えている（2015年11月時点）。海外では、米国のAUVSI（Association for Unmanned Vehicle Systems International）や、EUのUVS Internationalとの連携も進めていく。

## 10. 航空法の改正

無人航空機の急速な普及と多分野での利用拡大が進む一方で、無人航空機の落下事件が増加するなど、安全面における課題が明らかになっている。このような背景から、航空機の航行や地上水上の物・人の安全を確保しつつ、無人航空機を用いる事業の健全な発展を図ることを目的として、国土交通省は、無人航空機についての基本的なルール等を定めるために、航空法の一部改正（施行：2015年12月10日）を行った。改正航空法では、従来ラジコンと同様の扱いであった無人航空機について新たに定義されると共に、無人航空機の飛行禁止空域と飛行方法について定められた。また、特別な飛行を行なう場合の許可・承認について、基準（機体、操縦者、安全確保体制）が定められた。日本の航空法の改正は、米国やヨーロッパなど無人航空機の先進国に先駆けて実施された。これは、無人航空機の発展を鑑み、いち早く国が法律として対応したという事であり、国内の企業や、海外の無人航空機メーカーや無人航空機のサービス事業を実施する企業から、日本が市場として注目されるきっかけとなる。

今回の航空法の改正は、場所・方法についてのルール整備が主であった。しかし、操縦者や無人航空機の機体に関しては、急成長分野ではあるが、現在の技術は未成熟であるため、未だルールが定まらない状態である。今後は、先行的に無人航空機の民間団体等が自主的に操縦者ライセンスや機体認証などの制度の整備を進めると考えられる。その後、技術発展が進み技術が確立されれば、法律としての操縦者や機体のルール整備が進むと考えられる。

## 11. 今後の展望

今後、無人航空機の発展には、創意工夫のある利用方法を模索し、各国のルールを守りつつ新しいサービスを作っていくことが重要と考えられる。一方で、前述した安全上の課題を同時に解決していくことも、産業発展に欠かせない。現在の無人航空機の技術開発は、世界が進んでいるのが現状であるが、我が国からの新しい技術、サービスが生まれることに期待したい。大事なことは、失敗を恐れないマインドを持ち、グローバルなビジネス展開を視野に入れることではないだろうか。

## 参考文献

- 1) 一般社団法人日本UAS産業振興協議会（Japan UAS Industrial Development Association）：<http://uas-japan.org>
- 2) エアフォートサービス：<http://www.yamazaki-k.co.jp/airphoto/concept.html>
- 3) 熊田貴之・宇多高明・鈴木真二・酒井和也・野志保仁・森田 学・柄沢研治（2010）：無人飛行機（UAV）による新しい海岸モニタリング手法，海洋開発論文集，第26巻，pp.1167-1172.
- 4) 国土交通省報道発表資料：航空法施行規則の一部を改正する省令等の制定について，[http://www.mlit.go.jp/report/press/kouku10\\_hh\\_000086.html](http://www.mlit.go.jp/report/press/kouku10_hh_000086.html)
- 5) （公財）航空機国際共同開発促進基金技術資料（2012）：無人航空機システム～無人化技術が実現する新たなフロンティア～，航空機等に関する解説概要 24-3，<http://www.iadf.or.jp/document/summary.html>.
- 6) 国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構（JAXA）：滞空型無人機技術-高高度技術，<http://www.aero.jaxa.jp/research/star/uav/>
- 7) 酒井和也・熊田貴之・松野宣幸・土屋武司・柄沢研治・鈴木真二・鈴木太郎・橋詰 匠（2011）：海岸調査における飛行ロボットの活用事例，飛行機シンポジウム，第49回，1A2.
- 8) シード・プランニング（2015）：産業無人機（飛行機・ヘリ）の現状と用途別市場動向，p.93.
- 9) 消防庁危険物保安室長通達 第141号：平成25年7月31日
- 10) 消防庁特殊災害室長通達 第154号：平成25年7月31日
- 11) 杉本りうこ・常磐有未（2015）：ドローン襲来，週刊東洋経済，第6599号，pp.38-49，東洋経済新報社.
- 12) 深澤 献（2015）：空の産業革命ドローンの真実，週刊ダイヤモンド，2015年2月14日号，pp.94-103，ダイヤモンド社.
- 13) amazon Prime Air：<http://www.amazon.com/b?node=8037720011>
- 14) DJI：<http://www.dji.com/ja>
- 15) DHL Paketkopter：<http://www.dhl.de/paketkopter>
- 16) Domino's Domicopter：<https://www.facebook.com/DominosPizza>
- 17) Federal Aviation Administration（米国連邦航空局）：<http://www.faa.gov/>
- 18) Google Introducing Project Wing：<https://www.youtube.com/watch?v=cRTNvWcx90o>
- 19) International Regulatory Framework for Remotely Piloted Aircraft Systems(2013):, Maurice Labonde Technical Officer, Air Traffic Management Section, ICAO UAS Event Eindhoven 11 April 2013.
- 20) Parrot：<http://www.parrot.com/jp/>
- 21) Steven Webb（2015）：フロスト&サリバン市場調査レポート，<http://www.frost.jp/>.

22) 3DRobotics : <http://3drobotics.com/>