

ドローンのビジネス活用に関する技術開発の方向性

The Issues and Direction in R&D in the Businesses Using the Drones

小酒井正和* 中島絵美花*

Masakazu Kozakai* and Emika Nakajima

*玉川大学工学部マネジメントサイエンス学科, 194-8610 東京都町田市玉川学園6-1-1

*Department of Management Science, College of Engineering, Tamagawa University,

6-1-1 Tamagawagakuen Machida-shi Tokyo 194-8610

Abstract

The purpose of this research is to consider the present situation of the drone business market and drone related technology and to clarify the problem and the direction of research and development in the drone business utilization from the knowledge obtained through the experiment of drones. Specifically, we will analyze the results of four experiments indoors and outdoors, and discuss the direction of research and development of drone, considering the present and future technologies.

Keywords: Drone, Robotics, AI, IoT, Remote Sensing

1. はじめに

ドローンが一般的に知れ渡るようになり、日常的にビジネス活用に関する実証実験等のニュースが流れている。現状のところ、ドローン製品については、ほぼDJI社が市場で一人勝ちの状態であると言っても過言ではない。クラウドファンディングなどでは現在もなお新しいドローン製品を見受けるが、ドローンの製品市場は一段落を迎えて、高性能化および低価格化という形で発展している。今後もこの傾向はあまり変わらないと考えられる。

本研究では、ドローンの開発そのものではなく、主として既存のドローン製品を用いた事業創造の研究を行っている。その一環として、ドローンに関連する技術開発を扱うこともある。なお、本稿では、ドローンを自律制御型のマルチコプターないし固定翼機として捉えることとする。

2. 研究の目的

本研究の目的はドローンビジネス市場とドローン関連テクノロジーの現状を考察するとともに、ドローンの実験を通じて得られた知見から、ドローンのビジネス活用における課題と研究開発の方向性を明らかにすることである。そのために、第1にドローンビジネス市場とドローン関連テクノロジーの現状を考察する。第2に実験を通じて得られた知見を検討する。そして最後に、研究開発の方向性を論じる。

ドローンのビジネス活用において、現在では建設業やメディア・広告業などでの活用が進んでおり、農業、流通業、小売業などでの活用が期待され、実証実験が行われている段階である。多くの場合は、前提となるのは宅配など輸送手段としての活用、カメラやセンサー等を用いたりモータセンシング（データ収集）用機器としての活用となっている。ただし、これはドローン活用の実態が

偏っているとも指摘できる。今後さらなる活用が期待される分野もあるものの、技術開発の方向性が見えていないところも多い。諸外国での活用事例を参考にすることも間違いではない。しかしながら、それだけではなく日本特有の事情を反映させ、これまでとは異なる活用方法についても十分に検討しなければならない。

とりわけ、日本では地勢的特性として都市部に人口が集中している。ドローンのビジネス活用におけるスケールメリットを追求するのであれば、都市部での活用を目指したいところである。しかし、都市部ではそもそも法規制により活用しづらいのが現状である。他方、都市部以外において、ヨーロッパのように農業での活用も期待されるものの、耕作地が分散しているなどの理由により、投資するにしてもスケールメリットが働きづらいといった市場特性もある。

そこで本研究では、(a) 地方社会ほどドローン活用の余地があること、(b) 日本では屋内ほどドローン活用の余地があることを仮説として、日本でのドローン活用方法と関連テクノロジーの研究開発の方向性を検討する。

3. ドローンの製品開発の現状

現在では、自律型マルチコプター（一般的なドローン）は操作がかなり容易となっている。たとえば、コントローラーから手を話しても自動で同じ位置でホバリングできるまでになっている。このような技術的な発展によって、墜落する確率はかなり低くなったといえる。現在のマルチコプター製品についてはDJI社、Parrot社といった企業が販売している。製品開発の傾向として、DJI社はクローズドな製品開発を行っており、独自の飛行制御プログラム（フライトコントローラ等）を用いて製品開発をしている。他方、Parrot社などの企業は主としてオープンソースの飛行制御プログラムを用いた製品開発を行っている。

DJI社のクローズドな製品開発にはかなりのメ

リットがあった。DJI社のPhantom2という製品までは安全な飛行が難しい製品であって、墜落事例なども多く報告されていた。しかし、墜落した際のフライトレコードを全世界からネットワークを通じてビッグデータとして収集することができるようになっていたため、フライトレコードの解析結果を基に飛行制御プログラムを高度化することができた。そのため、操作の容易性や飛行の安定性が劇的に向上し、自律型マルチコプターの適用可能範囲が大幅に広がった。言うなれば、全世界のユーザーが製品開発のためのテストパイロットとなり、オープンな製品開発ができたのである。

他方、固定翼機タイプのドローンは、マルチコプタータイプよりも小回りが利かないといったデメリットがある。しかしながら、長時間飛行や飛行範囲の広さといったメリットを持っている。固定翼機については、マルチコプタータイプに比較して離発着に一定の距離が必要であったり、飛行速度が速かったりするため、広い敷地が必要となり、平坦な地形での飛行に向いている。このような事情があり、プログラミングによる自動飛行が行われることが多い。

このようにマルチコプタータイプと固定翼機タイプは特性が異なるため、それぞれ違った用途での活用が期待されている。たとえば、モノを輸送するといった点ではマルチコプタータイプのほうが使いやすい。他方、固定翼タイプは広範囲のリモートセンシング（データ収集）に向いていると言える。

ドローンのビジネス活用において2つのタイプのドローンに共通するのは、カメラを通じた画像収集能力の充実である。ドローンの画像収集能力を活用して、建築物の非破壊検査や測量などへの活用が進んでいる。データ収集能力に加え、高度な画像解析技術を組み合わせて活用することによって、精緻な測量が短時間で低コストで実現できるまでに至っている。また、近赤外線カメラな

どを扱えば、精密農業のためのリモートセンシングを行うことができ、収量管理に役立てることもできる。他にも、画像解析技術やAIを活用することによって、人間のモーションを読み取り、自動でセルフィー写真を撮影したり、同じ対象物を追従して撮影するといったこともできるようになっている。

他にも、ドローンのコントローラーに関する側面についても考えてみる必要がある。ドローンのコントロールに専用のコントローラーを用いる製品のほか、スマホやタブレットのみでコントロールできる製品もある。スマホやタブレットでコントロール可能な製品の多くはホビー用ドローンである。

専用のコントローラーを用いる製品の場合、形状や機能はほとんどラジコンと同様であるが、カメラ等の操作ボタンが付加されている。

また、スマホやタブレットと連動してカメラの画像、高度、ホームポイント（離陸地点）からの距離などをリアルタイムで表示できるようにもなっている。また、スマホやタブレット上で自動操縦などを行うこともできる。

とはいえ、現在のところ、コントローラー自体はラジコン時代からあまり変わってはおらず、さほどイノベーションは起こっていない。今後、新しいドローンの活用方法が開発されるとともに、インテリジェント化する必要性はでてくる可能性が見てとれる。

4. 先行研究

ドローンのビジネス活用に関する事例はあるものの、研究論文の数は少ない。ドローンに関する研究論文そのものが非常に少ないのが現状である。

たとえば、山田他（2016）の研究は、海水中において、ラドン濃度の利用と、海水温度と電気伝導率双方における差を利用する二通りの方法から海底湧水の存在を明らかにする実験を行い、問

題点を指摘している。濱他（2017）の研究は、水稲のフェノロジー観察を、ドローンのリモートセンシング機能を用いて計測する実験結果を報告している。佐藤（2017）の研究では、航空機等からの落下物に関する損害賠償について、ドローンを含めた米国の事例を参考に分析している。

他方、春原他（2016）は、ドローンビジネスに関わる市場を分析するとともに、技術の現状分析を行い、ドローン産業における課題と今後の展望について指摘している。ただし、これはホワイトペーパーという形式で報告されたものである。

以上のように、学界においては、それぞれの研究者が属する専門分野における1つのトピックとしての研究成果として報告されているところがある。他方、実業界からは、具体的な現状分析と学界あるいは実業界における提案という形で方向性を示唆する文献がわずかに存在するだけというのが現状である。したがって、本研究のように、ロボティクス関連する技術開発の現場よりドローンのビジネス活用のための技術開発の方向性について探究する研究にも、一定の学術的貢献があるものと考えることができよう。

5. 研究方法

本研究の目的は、ドローンのビジネス活用における課題と研究開発の方向性を明らかにすることである。そのため、本稿では、文献研究、市場調査を通じた研究を行うとともに、ドローンの実験を通じて、ビジネス活用における課題と研究開発の方向性を導出する。

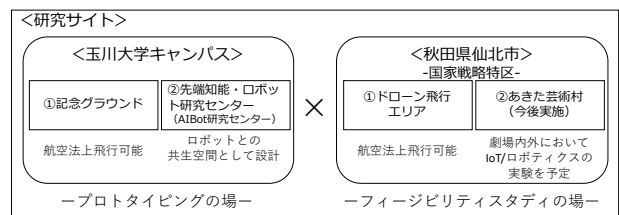


図1 本研究の研究サイト

本研究では研究サイトとして、玉川大学キャンパスと秋田県仙北市の2つとしている。第1に、玉川大学キャンパスは主としてプロトタイピングの場として捉え、屋外では記念グラウンド、屋内では北斗館にあるAIBot研究センターを実験場として使用している。

玉川大学は都市近郊の大学としては珍しく、大学キャンパス内にドローン飛行可能エリアが存在する。現状では、記念グラウンドが飛行可能になっている(図2)。これはドローン研究においてアドバンテージである。また、屋内でのドローン運用についても無視できない研究テーマであるため、ロボットとの共生空間として運用されるAIBot研究センターも実験場として使用できることは有益である。

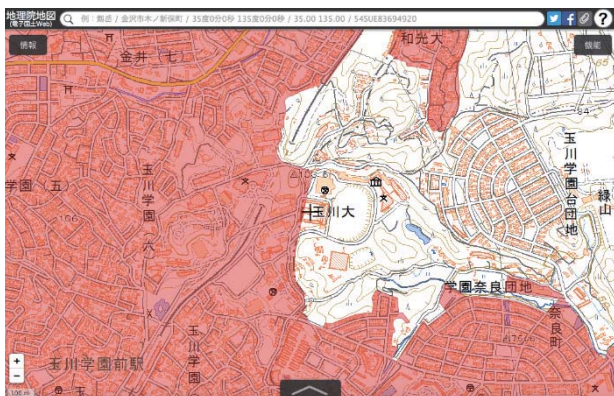


図2 玉川大学キャンパスの飛行可能エリア
出典：国土地理院

第2に、秋田県仙北市はフィージビリティスタディの場として捉えている。本稿における実験のうち2件で、秋田県仙北市指定のドローン飛行エリアを使用させていただいた。また、今後はあきた芸術村との共同研究として、秋田芸術村周辺において、ドローン活用を含めた近未来型ツーリズムの研究を行う計画もある。

6. ドローンを使用した実験

本研究において、ここでは4件の実験について

紹介する。そのうえで実験結果より得られた知見について考察する。

6.1. 実験1：目視可能範囲の確認

本実験の目的は、有視界飛行を行うための限度を確認し、航空法に準拠した自動飛行のオペレーション可能空間を把握することである。現行の航空法では、直視(直接肉眼による)範囲内で無人航空機とその周囲を常時監視して飛行させることが求められる。目視範囲外での操縦では許可申請を行わなければならない。そのため、一般的な機体を使用する場合に、許可申請なしでの飛行はどの程度の飛行であればよいかを評価することにも一定の意義がある。

本実験は、2017年11月5日に、秋田県仙北市ドローン飛行エリアにおいて行った。当エリアにおいて比較の見晴らしがよい場所にて実験を行った。天候は曇り、風速は微風で上空は若干強めであった。使用機体はDJI社Mavic Pro、システムはDJI G04を使用した。



図3 DJI社Mavic Pro

実験の手順としては、①通常の飛行手順にて飛行準備をし、②DJI G04で表示される高度で10m間隔にて、視認性を確認し、ドローン機体を撮影した。

実験の結果、機体をロストしない程度の目視可

能範囲の限界はおおよそ高度60m程度となる。現実的に、屋内において有人による飛行や自動飛行を行う場合、あまり高度をとることができなくなることが分かった。

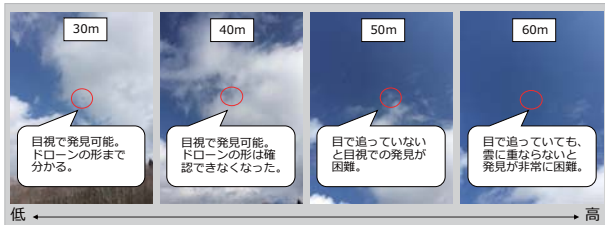


図4 目視可能範囲の確認

現在の傾向として、ドローンの製品市場では高性能化と小型化が進んでいる傾向となっており、ドローンをロストしないように視認性が高くなるような製品デザイン（形状やカラーなど）が重要となってくる可能性はある。また、視認性を高めるための運用上の工夫などが必要となっているのはたしかである。

6.2. 実験2：プログラミングによる自動飛行

本実験の目的は、高低差のある地形において自動飛行させた場合の課題について明らかにすることである。市販されているマルチコプタータイプのドローンは、高度を測定するために気圧センサーを用いることが多い。そのため、ある程度気圧が低いところにおける自動飛行において、気圧センサーの誤差がどのように飛行に影響を与えるかを観察することとした。その際に、(A) 比較的平坦な場所での自動飛行と (B) 高低差のある場所での自動飛行を比較することで、高度センサーの誤差の影響を観察した。

本実験は、実験1と同じ日、同じ場所にて実施した。使用機体はDJI社Phantom4で、DJI Ground Station Pro(GS Pro)を使用して自動飛行の経路をプログラミングした。

実験の手順は、2つのパターンともに、①GS Proにて飛行経路と高度(50m)をプログラミングし、

②Phantom4へプログラムを流し込み、自動飛行させるものとした。そのプログラムには、③自動飛行を開始し、④飛行中に自動で地形写真を撮影し、⑤自動でホームポイントへ帰還するということをプログラミングした。なお、緊急時にはコントローラーによる操作に切り替えることは可能となっている。



図5 使用機材 (Phantom4)

(A) 比較的平坦な場所での自動飛行についての飛行ルートは図6のとおりである。(A)の実験は無事に成功した。図7は計測撮影の画像である。

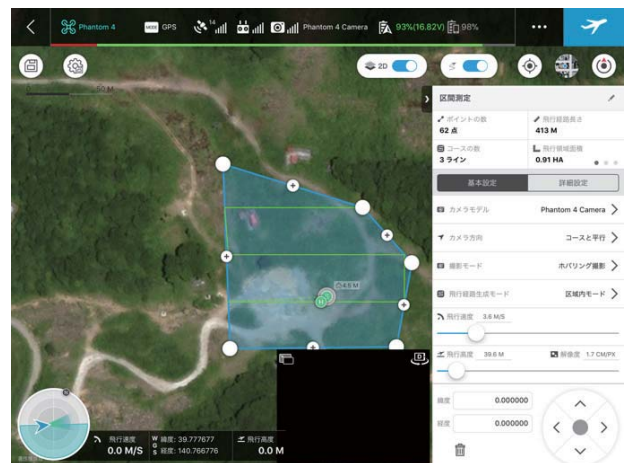


図6 計測撮影1回目

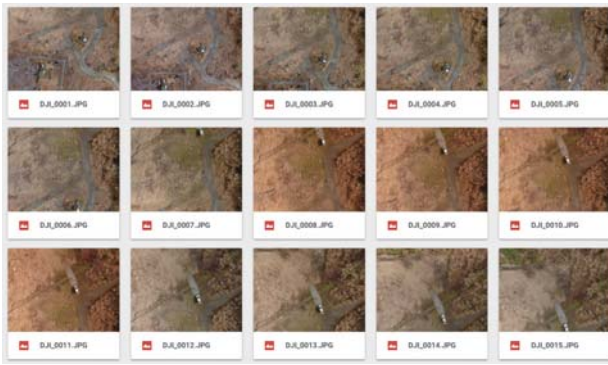


図7 計測撮影の画像

(B) 高低差のある場所での自動飛行についての飛行ルートは図8の通りである。(B)の実験においては、飛行中に高度が落ち、樹木に引っかかり、墜落した。その際に計測撮影された画像が図9である。

図9の画像とともに、ドローンを回収後に記録やログを確認したところ、沢(谷間)の上空で墜落したことが分かった。高度を気圧センサーによって把握する仕様であるため、計測エラーが生じた可能性もある。また、沢の上空一気に高度差が出たため、自動的に機体を降下させたために周辺の樹木へ引っかかった可能性も考えられる。

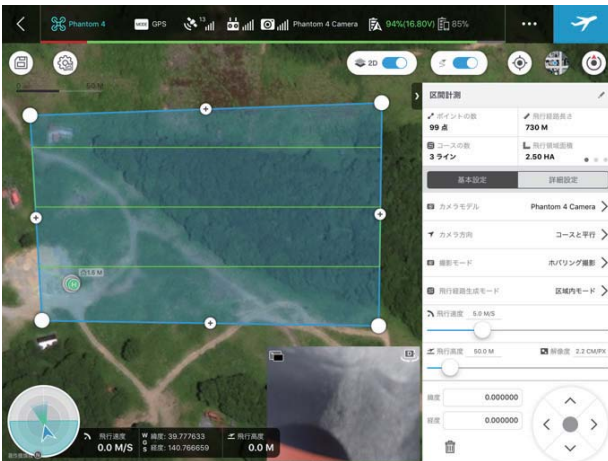


図8 計測撮影2回目



図9 墜落直前の写真

6.3. 実験3: 外部オプションユニットの装備実験

本実験の目的は、一般に市販されているドローンの機体に、特定目的に用いる外部オプションユニットを付けて飛行させることの優位性を確認することである。現在市販されているドローンはかなりの高性能で汎用性もある程度ある。そのため、ドローンを新規開発せずとも、それらにオプションユニットを装着することで、可用性を高め、さまざまな用途でドローンを活用できる余地がある。ただし、一般に用いられるドローンはペイロード(可載重量)がさほど高くない。そのため、どの程度の重さや大きさまで使用できるかを実験しておくことにも一定の意義があると考えられる。



図10 水上離発着ユニット

本実験は、2017年6月9日に、玉川大学内記念グラウンド（東京都町田市）において行った。天候は快晴、風速は2～3m程度であった。DJI社 Phantom3 Advancedを使用し、それに水上離発着ユニットを装着した状態で使用した。

実験の手順として、①水上離発着ユニットを Phantom3 Advancedに装着し、②標準コントローラーによって有視界飛行を行い、③飛行操作を行わず、一定の位置でホバリングできるかどうかを確認した。大型のユニットを使用した場合、重量が軽くても、想定以上に風の影響を受けて不安定な飛行となることが確認された。小型のものを取り付ける場合、超音波センサーや気圧センサーの影響がないように注意する必要がある。



図11 実験風景

6.4. 実験4：屋内でのロボットとドローンの比較実験

本実験の目的は、屋内でのドローンやロボットの活用についての課題発見と解決策の模索である。ドローンは飛行物であるため、屋外での利用が多い。しかしながら、工場内、オフィス内、倉庫内をはじめとした屋内での活用余地も残されている。ただし、これらには技術的な課題もあるため、あまり試みられてはいない。そこで、屋内でのドローン運用においてどのような課題があり、解決策を見いだせるかを狙いとして、屋内に

おいてマルチコプタータイプのドローンと車輪タイプのロボットを比較した実験をすることとした。

本実験は、2017年11月13日に、玉川大学内AIBot研究センター（東京都町田市）にて行った。使用機体はParrot社Rolling SpiderとJumping Night Droneで、それぞれiPad用アプリのTickleとFREE FLIGHT UMPINGを使用してプログラミングを行った（図12）。



図12 Rolling SpiderとJumping Night Drone

実験手順としては、①同一順路を特定し（図13）、②同一順路の通過に必要なプログラムを作成し、③プログラムを実行し、④到着誤差を確認するようにした。Rolling Spiderについては、1回目～3回目の実験では、室内のエアコンの風量は強、風向は上下スウィングと設定した。4回目～6回目の実験では、エアコンを切った状態とした。Jumping Night Droneについては、1回目の実験の速度は1m/s、2、3回目の実験の速度は2m/sに設定した。同時に、第2移動距離（図4）は1、2回目の実験は実測の6.6mに設定し、3回目の実験では6.2mに調整して設定した。

実験結果の考察としては、ドローンのほうは、風などの条件によって大幅に到着予定地点からズレが生じた。このことから、今後の研究開発においては、屋内での空間マッピング技術が必要であると考えられる。また、ロボットのほうは安定

的に到達予定地点へ向けて移動できた。ただし、速度や床の条件によって大幅にずれる場合が見られた。とりわけ、コードレスによる空間設計を行うなどの工夫が必要である。また、ロボット本体の走破性能が必要であろう。

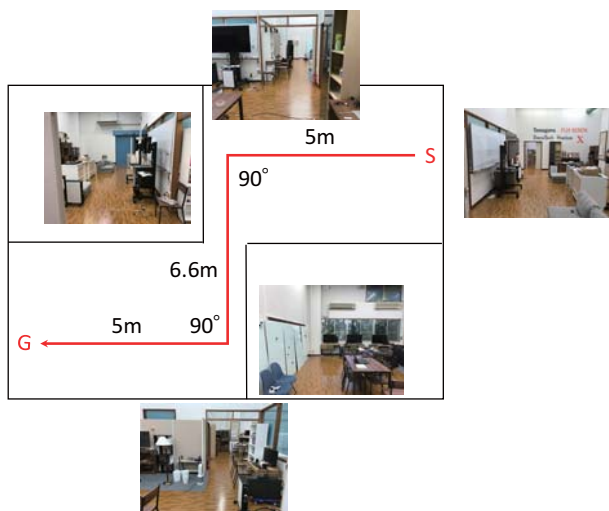


図13 プログラミングした移動経路

7. ドローンのビジネス活用に関する考察

以上の実験を通じて、2点のインプリケーションが得られた。それは①ITソリューションとしてのサービス化、②屋内飛行と空間のロボット化の2つが挙げられよう。

第1は、ITソリューションとしてのサービス化である。屋外でのドローン活用において、外部オプションユニット装着によるITソリューション開発の余地が大きいことを指摘できる。そこで、ドローンのビジネス化の1つの方法として、ドローンへ装着する外部ユニットと情報システムを開発し、ITソリューションとしてサービス化することがありうる。

具体的には、リモートセンシング（データセンシング）用のユニットを開発すると同時に、センシングしたデータを活用したシステムを開発することである。たとえば、全天球カメラを2つ装備するユニットを制作し、3点測量技術を用いて、VR/MRゴーグルなどを使ったソリューションも

有益なものとなるだろう。外部ユニットの開発については、3Dプリンタを使用したプロトタイプングを行っている。

これらの前提条件として、ドローン本体の開発よりも、システム開発に特化することを挙げられる。現状のドローン市場はすでに優れた汎用的製品が開発されており、リモートセンシングといった用途には、これらの汎用的製品で十分である。特定目的のドローンについてもある程度メーカーが開発しており、いまから追従開発する必要性はそれほど高くないとも言える。

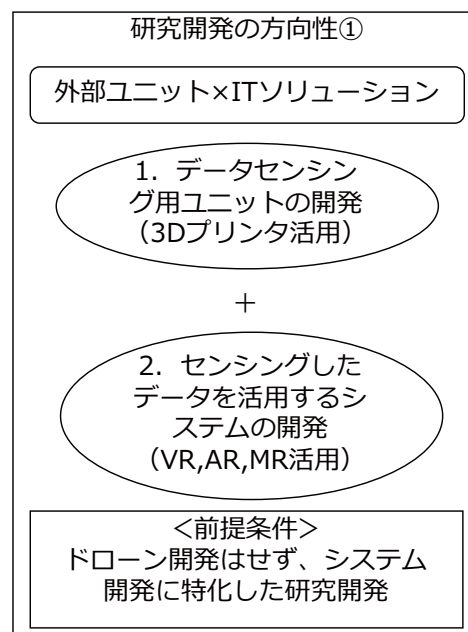


図14 研究開発の方向性①

第2は、屋内飛行と空間のロボット化である。屋内での活用にあたり、GPSに依存しない空間マッピングを活用したIoTソリューションによって、屋内での活用の可能性をさらに伸ばすことができる点を指摘できる。一般的にドローンは屋外で飛行させると思われがちだが、屋内での活用方法も十分想定できる。

しかしながら、屋内での飛行には技術的な課題はいくつかある。その1つが非GPS環境下では安定した飛行できる技術が十分ではないことにあ

る。現状のドローン製品では、「どこに存在しているか」をGPSの測位情報に大きく依存している。気圧センサーによる高度の測位はまだ十分とは言えないところがある。現状のドローン製品は安定的飛行ができるようになっているので墜落等の可能性はかなり低い。しかし、自動飛行を前提としたITソリューションには対応しきれない。これについては今後、空間モデリング技術や、GPSに依存せずにドローン自身の位置把握を可能にする技術開発が必要になる。

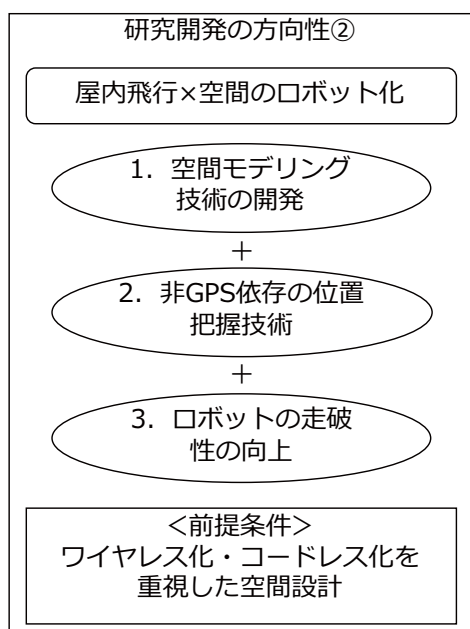


図15 研究開発の方向性②

一方で、屋内でマルチコプタータイプのドローンを使用しないという方法もある。車輪を使用するローバータイプの自立型ドローンも使用可能である。実際、マルチコプタータイプのドローンと同じフライトコントローラ（オープンソース）を使用して、ローバータイプのドローンも製作できるようになっている。ただし、ローバータイプのドローンは車輪等を使用するので、ハードウェア的な走破性が課題となる。そのため、ドローン本体だけでなく、空間設計の同時に行う必要がある。

8. まとめ

本研究の目的は、ドローンビジネス市場とドローン関連テクノロジーの現状を考察するとともに、ドローンの実験を通じて得られた知見から、ドローンのビジネス活用における課題と研究開発の方向性を明らかにすることであった。結論として、研究開発の方向性として、①ITソリューションとしてのサービス化、②屋内飛行と空間のロボット化を指摘した。

ITソリューションとしてのサービス化とは、ドローンへ装着する外部ユニットと情報システムを開発し、ITソリューションとしてサービス化することである。屋内飛行と空間のロボット化とは屋内での活用にあたり、GPSに依存しない空間マッピングを活用したIoTソリューションのことである。

謝辞

本稿の執筆にあたり、ドローン・ジャパン株式会社の春原久徳氏には非常に有益なディスカッションをさせていただきました。記して感謝いたします。

参考文献

- 1) 春原 久徳, 小池 良次, 株式会社 CLUE, インプレス総合研究所: ドローンビジネス調査報告書2016, インプレス, (2016).
- 2) 山田誠, 小路淳, 寺本瞬, 大沢信二, 三島壮智, 杉本亮, 本田尚美, 谷口真人: 下記の大分県日出町沿岸部におけるドローンを用いた海底湧水の探索, 日本水文科学会誌, 46[1], 29-38(2016).
- 3) 濱侃, 田中圭, 望月篤, 近藤昭彦: UAVリモートセンシングによる水稻のフェノロジー観測, 日本地理学会発表要旨集, 日本地理学会, (2017).
- 4) 佐藤智晶: 航空機等からの落下物に関する損害賠償について-ドローンを含めて米国の事

例を参考に-, 青山法学論集, 59[2], 65-85(2017).

- 5) 国土地理院: 地理院タイル
(<http://maps.gsi.go.jp/development/ichiran.html>, 2018年2月28日閲覧)

2018年3月2日原稿受付, 2018年3月15日採録決定

Received, March 2, 2018; accepted, March 15, 2018