

〔論 文〕

# ドローンの市場化に向けた提言

——製品アーキテクチャとプラットフォームビジネスの複眼視点から——

千 島 智 伸

## 要 旨

ドローンは、ハードウェア・ソフトウェア・ソリューションが複合化された製品であるが、日常生活における活用実態が乏しく、高度な技術要素を活かしたサービスの普及が課題といえる。本稿は、安全飛行に不可欠な機体の制御機能に対する適切な設計と、それを活用したプラットフォーム化によってキャズムを超える必要な要件を取り上げドローンの市場化を提言する。研究で得られたことは2点で、プラットフォーム化を構築する要件について補完的生産者が新しい役割を持つパターンを確認できたこと、製品設計の視点でインテグラルとモジュールの境界変化の具体的な検証を進めたことである。

## Abstract

This study is focusing on the phenomenon that state of the art and issue of drone technology and business platform. Crossing the chasm by appropriately designing the aircraft control functions essential for safe flight and create product platform. Basically, there are two points about the purpose of this research and also references previous theoretical research focused on topics such as Institution in Product architecture and platform management.

Keywords: Drone, Platform Business, Innovation, Value Creation, Architecture

## I はじめに

### 1 問題意識

近年、グローバル市場を見据えている企業は、AI半導体<sup>1)</sup>(以下、AIと略称)、エッジコンピューティング<sup>2)</sup>、デジタルファブリケーション<sup>3)</sup>などのデジタル技術を応用し、単純な生産性以上の価値創出を目指す新たな局面を迎え多様な課題に取り組んでいる。米国や中国ではドローンによる商品配送が始まり、人による作業負担を軽減させる状況が見られ、製品とサービスを繋げる次世代空モビリティが注目されている。我が国でも2015年頃から人が目で見える範囲内、すなわち「目視内」で飛行させることを前提にビジネスや社会生活における利便性向上に向けた活用が主流である。

2022年12月5日の改正航空法<sup>4)</sup>の施行によってドローンは人のいる上空を飛行できるようになり、操縦者や補助者なしでも飛行できる規制緩和が図られる状況となった。2025年4月13日から10月13日にかけて開催予定の「2025年日本国際博覧会」では、少人数の定員で自動車のように日常的に利用可能な空中を移動する乗り物「空飛ぶクルマ」の客を乗せないデモ飛行が予定されている。会場内外に設けら

れた離発着時間を飛行し来場者の移動を支援する取り組みに対する期待は大きいですが、このような「空飛ぶクルマ」の販売やサービス提供に必要なインフラを含めてプラットフォームを構築し、社会に普及することはできるだろうか。

産業界では「物流2024年問題<sup>5)</sup>」が深刻に捉えられ、電子商取引 (Electronic Commerce) 市場の急増や、人手不足、人件費上昇の背景から配送ドライバーの代替としてドローンの早期普及が期待されている (国土交通省, 2024)。ドローンの普及を支援する技術にAIが挙げられるのは、飛行技術を支えるデバイスの高度化が要因である。2018年から表出した半導体露光装置<sup>6)</sup>のブレークスルーを発端に、国内では2022年に2nm世代 (半導体のテクノロジー・ノードと呼ばれる製造プロセスの世代のこと) 半導体プロセスの要素技術の強化とトヨタ自動車やNTTが出資する半導体新会社の設立に向け政府の支援が決まった。2nmによってノードを微細化すると、チップ面積に多くの素子が搭載できるので、ある集合値の要素間に一定の法則を適用した計算力、つまり、演算処理性能が高まる。この点は、ドローンの機能を高めることに関係する部分であり、企業は開発に要する範囲や費用を検討することで製品の差別化とコストを適切に保つ工夫を図ることになる。

このような背景から導く本稿の問題意識は2つある。まず、社会が抱えている問題や課題の解消に繋がる可能性を秘めたドローンの市場化について、分業や連携の仕組みに関する研究が少ないことが挙げられる。第2に、ドローンが様々な企業の行動と消費者行動の連携に寄与することに加え複数の異なる産業でも利活用可能な役割が期待できるため、製造業がプラットフォームの実態に沿った製品開発に取り組むプロセスとは何か、である。

## 2 市場化に対する課題

ドローンは、遠隔、または、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無人航空機と表示されている (航空法2条22号)。インプレス総合研究所が発表した「日本国内におけるドローンビジネスの現状と今後の展望」によれば、ドローン市場は、3つに分類する考え方が一般的である。2028年の展望は、①サービス市場 (5,615億円)、②周辺サービス市場 (1,538億円)、③機体市場 (2,188億円) で、それぞれ概要は次のとおりである。まず、サービス市場は土木建築、物流、防犯、防災分野でドローンを活用した事業で、社会課題の解決や日常生活の利便性を高める可能性に期待が寄せられている。次に、周辺サービスとしてドローン操作に関わるスクール運営やライセンスの管理、飛行をサポートするインフラ設備が該当し、3つめは、複数の電子部品と通信システムで構成される機体の仕組みに関することである。

ドローンの市場化に対する課題は、本稿では2つに焦点を当てている。第1に、安全飛行のリスクが存在していること、第2に製品を普及させるプロセス、すなわち、市場化の要件が曖昧なことである。まず、安全な飛行に対する課題を挙げると、機体の性能によって企業が設計する範囲や内容は異なるものの、通信機能を備えたデータセンター<sup>7)</sup> (以下、DCと略称) と常時繋がる必要がある。ドローンに搭載されたGlobal Positioning System (以下、GPSと略称) によって自機の位置が確認できるため、決められた場所や確認できる領域を飛行することが前提であり、風雨にさらされる山奥の橋梁点検を行う環境でも問題なく飛行できることが求められる。つまり、飛行中の機体とプロペラが安易に破損しない強度耐久性を持つこと、バッテリー容量の確保、飛行時間の長期化、および、障害物を回避できる機能が確実に作動し飛行の安定性と稼働できる範囲が広がる等、である。こうした飛行における課題が克服できれば、今後は会社オフィスや商業施設への配送、注意喚起が必要な場所や一般居住地内の警備、商業施設の清掃利用や農業での利用など、あらゆる場面での利活用が想像できる。

Aug. 2024

ドローンの市場化に向けた提言

一方、製品の普及はイノベーション研究と関わりが深く、企業が新製品・サービスを世の中に普及させていく過程で障壁となる可能性を「キャズム」と呼ぶ。ドローンには飛行に関する制約が多く、国内のドローンビジネスは成長の可能性を示しているにも関わらず、日常生活では実感がない等のギャップが存在することも指摘できる。

## II 本稿の構成と研究方法

### 1 本稿の構成

本稿は、Iではドローンの市場化が期待される背景とそのことに対する課題を取り上げる。IIは、本稿の構成と研究方法について説明する。III以降で本稿に関係する先行研究について触れ、援用する箇所と理由を記述する。IVでは、本稿の問いに関係する事例として国内外におけるドローンの活用現況を整理する。Vで分析した結果から導いた提言を示し、VIは本稿のテーマに対する成果と今後の研究に関する課題をまとめている。

### 2 研究方法

複数のインタビューを基に、問いに関係する情報を確認する。また、これらをドローンの利用実態として認識する。各インタビューはドローンの製品設計に精通した企業の開発者や普及を推進する業界団体を対象としたもので、@/1時間程となっている。

表 1. インタビュー概要

所属	担当する業務・領域	役職	実施日
(日本) 大手物流会社	サービス企画・事業戦略	経営企画部 部長	2023年12月25日
(日本) ドローン推進団体	機体飛行技術の研究	参事	2023年12月26日
(日本) 通信機器メーカー	事業戦略	グループ長	2023年12月28日
(中国) ドローンメーカー	マーケティング	担当課長	
(韓国) 半導体設計ODM	経営者	代表取締役	2023年12月29日
(韓国) ドローンメーカー	製品開発・電子部品調達	担当課長	

出所) 筆者作成

インタビューでは、現在取り組んでいる業務を自由に話しその説明内容に応じて追加・補足の質問を重ねる半構造化の形式を採用している。たとえば、ドローンの市場化に類する状況や課題について「課題とは何で、それはなぜ発生したか、自社がそれに対応するために優先していることは何か」回答を受けながら具体的に意味を補足する手法である。ヒアリングで得た内容は公開されている情報も参照し、筆者自身は2023年に購入したドローンを解体し直接確認を行った。

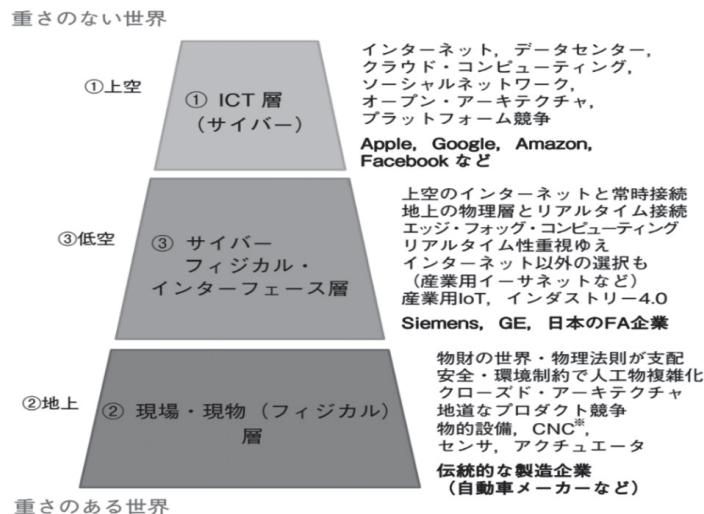
## III 先行研究

### 1 市場化に関する研究

従前より指摘のある「近年の日本企業には、なぜイノベーションが生まれぬのか?」という議論では、画期的発明やアイデアの不足が問題視される。しかし、内田(2022)は、画期的な技術革新や発明のみに焦点を当てた従来のイノベーションに対する見解を否定し、「新しい製品・サービスを消費者や企

業の日々の活動や行動の中に浸透させることこそがイノベーションの本質」と指摘する。市場に製品を提供していた製造メーカーが革新的なAIのような技術を製品に取り入れるだけでは市場化は成立しない。この点を Adner and Kapoor (2010) は、「イノベーションの成功は、そのビジネス環境内の他のプレイヤーの努力に左右される」と述べ、価値を創造する企業連携の必要性を指摘している。

また、ドローンの飛行を統制し社会課題への対応策を考えると、既存の産業や業界での利活用を考慮した上で、市場での優位性を獲得するためには製品・ネットワーク・プラットフォームをそれぞれ繋げる視点が必要であろう。その点について藤本(2017)は、「データを活用する製品サービスは『サイバー層・ICTの世界』、製品そのものを『フィジカル層・現物の世界』と分け、その中間にあるIoT, Industry 4.0, Society 5.0は、それぞれの世界を接続するインターフェースの意味で『サイバーフィジカル層・つなぐ世界』」であり、これらを「デジタル化の3層構造」と表現している。



出所) [藤本2017]より引用

図1. デジタル化の3層構造

①の上空には重さのないSNSやICTのサイバー層、②の地上は物理的な制約や競争環境が激しいフィジカル層、③は上空と地上を統合的にリアルタイムで連結するインターフェース層となる。3層が連携して市場化に結び付く階層構造について本稿では触れている。

## 2 製品化に関する研究

まず、ドローンが製品としてどのような構成かを確認する。一般的には、本体・カメラ（ジンバル含）・送信機（アンテナ含）の3つが基本構成で、本体には①バッテリー、②モーター、③プロペラ、④受信機、⑤フライトコントローラー（以下、FCと略す）、⑥アンプ、基本的に6つの構成が付いている。モーターは、アンプからの指示で左右プロペラ回転数を変化させ、様々な方向に移動できる役割を担う。回転方向が隣同士で異なる機軸につけた数枚の羽根が回転し推力が生じるプロペラがドローンの浮力調節を引き出す。受信機は、コントローラーとしての送信機から送られてくる指示電波を受信しFCへ指示を出す。FCは受信機からの指示を各アンプに運び、ドローンの姿勢制御、飛行キャリブレーション<sup>8)</sup>の監視、



モーターの制御などを管理しドローンの安定した飛行を実現するために重要な役割を担う。ドローンの基本機能では、確実に安全な飛行を担うFCが最重要で、主に動力源となるモーター、速度状況・撮影記録・安全管理の為に情報を記録し、センサー、モーター、プロペラに指令を与えセンサーからの情報を基に安定した飛行状態をそれぞれの機能が連携し作り出す。慣性計測装置<sup>9)</sup>(以下、IMUと略称)によって機体が傾いた場合、反対の向きに制御しドローンの平衡を保ち安定した飛行やホバリングを維持する。IMUにはジャイロセンサーや加速度計などを組み合わせたセンサー UNIT とそれを処理するためのソフトウェア(以下、S/Wと略称)が搭載される。2020年頃からプロペラの回転数を上昇させる電子部品(パワーモジュール<sup>10)</sup>)が台頭し、モーターとプロペラの回転パターンが増え、バッテリー消費の効率と飛行方法が進化している。

製品設計と関係する代表的な先行研究に、製品設計の構造を「擦り合わせ(インテグラル)型」と「組み合わせ(モジュラー)型」を機能によって区分した藤本(2002)の製品アーキテクチャ論がある。製品設計の構造では「統合力がある日本企業が、擦り合わせ寄りの製品で競争優位を得ようとする傾向」(藤本, 2004)が1990年代までは認識されていた。製品アーキテクチャ論の貢献は、要素間の相互作用を単線的に捉える傾向が強かったものを内部構造の関係性を明らかにしていくことで、要素間の関係性を複線的に捉える分析視角を提供し、技術・企業・市場の諸関係における動態性を明らかにしたことである。そしてこれは、ビジネスの設計・計画・実行の論理的な構造を表現するに至っている。藤本(2005)は、こうした構造を実行する組織の能力について「インテグラルは企業や部署間によってそれぞれ組織能力を擦り合わせる事が、モジュラーは最適な部品や企業を選択し効果的にそれらを組み合わせる能力や判断が必要」と述べ、これらはビジネスモデルの構成要素につながるものと捉えられている。

小川(2014)は「モジュラー化された電子部品の中で付加価値の創出と関係の深い商品は、外部とのつながり、いわゆる、インターフェースはオープンになるが内部には付加価値を生むクロード・インテグラルな極めてコアな領域(技術のブラックボックス化)を持つ」と指摘し、最終製品との強い関係性を示唆している。製品の持つ主な機能がS/Wによって制御される必要性が高まると、高品質で汎用性のある部品のモジュール化、いわゆる組み合わせ型製品への移行が促進され製品の差別化が難しくなる。現在のドローン設計では既存の部品を組み合わせモジュール化した状態が進んでおり、製品の利活用に適した市場に定着する前の段階で製品差別化の要素があまり残されていないことが問題といえる。したがって本稿では、製品アーキテクチャが製品の市場化に結び付くために、インテグラル化とモジュール化を製品開発に組み入れる範囲について検討する。

### 3 プラットフォームに関する研究

Cusumano(2010)は「複数企業で製造するパーツが組み合わさるシステムとして機能すれば、その時に付加価値が最大化するような製品がプラットフォームを構築する」と定義し、Rochet and Tirole(2003)は、プラットフォームを二分した捉え方を示し、1つは自動車業界に見られるような技術基盤として、もう1つは複数の市場参加者を結集し製品・サービスの提供を行うために新たなサービスが創出される側面について、である。高梨(2016)は、プラットフォーム構築の要件について、「プラットフォーム上でどのようなアウトプットを提供するかで必要なデータが収集され、その際に外部資源の獲得が行われる」ことを、KOMTRAX<sup>11)</sup>(事例)を用い説明した。データ収集の重要性についてSubramaniam(2022)は、「大半の従来型企業はインタラクティブ・データを収集する手段がなく、顧客が自社の製品をどのように使っているかをリアルタイムで追跡するシステムを備えていない」と指摘する。プラットフォームを活用したビジネスは、関係者間で製品やサービスの交換やマッチングを容易に従来以上のスピードで行えることに特長を持つが、社会にとって必要な製品として普及するには技術要素で飛行リス

ク軽減と革新的な使用を併用し、開発コストも抑えることが求められる。そこで本稿は、製品設計とサービス普及に対し多様な主体・客体の関係性や相互作用がどのように製品価値を高めるか、従来のプラットフォーム研究を踏まえた具体的な提言を試みる。中核となるドローン製品と、バッテリー充電システムやアンテナなど製品価値を高め供給したいサービスを支援する補完的生産者<sup>12)</sup>に働きかけ、プラットフォームと補完的生産者の間に生まれる相互作用を引き出すという意味である。藤本(2017)が指摘する「AmazonやGoogleのようなプラットフォーマーにそのまま習うのではなく、製品づくり能力を活かし自社標準でインターフェースを設定すること、つまり中インテグラル・外モジュラーを目指す」戦略と関係がある。この点で、Gawer and Cusumano (2002)はプラットフォームでリーダーシップを発揮したインテルの戦略を挙げ、プラットフォームの進化には補完財や周辺サービスの進化が不可欠と指摘しており、本稿もそれに従い、「ドローンの製品化を介して関係する人や組織・周囲の資源を相互に関連付け、生産者と関係者が相互・インタラクションを行い新たな価値を創出する」ことをプラットフォームの意味として用いる。

## IV ドローン市場の現況

6名のインタビューに対し、ドローンの製品設計の特長、課題とする安全飛行への対応と普及についてどのような段階・順番を目指すべきかヒアリングをした。

### 1 サービス市場

ドローンの普及に対し、様々な課題が指摘されている中で国内外における活用は拡張を続けている。実際のビジネスではどのように利用されているのか、分野ごとに動向を見ていく。

#### 1.1 農業

農家の高齢化や担い手不足などにより、農作業の負担軽減・効率化は喫緊の課題である。高知県・茨城県の一部農家では、農業用ドローンとして「農薬や肥料などの薬剤散布」、「播種(はしゅ・種まき)」「圃場の監視・センシング」の取り組みを開始している。ドローンによる農薬散布は作業者が定位置で操作を行うだけで農地に踏み入ることなく作業ができる。播種はAIによる画像解析で特定の雑草を判別し適切に除草剤を散布するピンポイント除草をすることで、就業時間を記録し労働時間や除草剤費等のコストの抑制に繋げている。

イスラエルのスタートアップ企業 Tevel Aerobotics Technologies は、ドローンを活用し果物を収穫するビジネスに取り組んでいる。同社のドローンは果物を収穫するロボットに必要なS/W、人工知能、アルゴリズムを開発し収穫したい果物の重量をプログラムで指定し、収穫の進行状況、完了までの時間、収穫量やコストなど必要な情報を農家に提供する。備え付けのカメラで色と大きさを評価し、収穫に適した果物を選び出す機能も有している。同社は、「私たちのドローンは労働力の代替ではなく、労働力不足のソリューションを提供する。今後、農作物の収穫に従事する人は減り、ロボットの管理・データ分析・意思決定に従事する人が増え、そうした動きが市場化の鍵」と指摘している。

#### 1.2 物流

2022年からアマゾン・ドット・コム(以下、Amazonと略称)は一般向けドローン配送サービスを米国の一部地域で開始した。Amazonでは「Prime Air(プライム・エア)<sup>13)</sup>」としてドローン配送システムの対象地域の拡大を推進し、2024年末までに米国内3か所目となる都市を新たに加える予定である。旧来

のモデルと同じように機体は自律して飛行する。また、配送エリア内で障害物を見つけて回避できるよう、センサーによって感知・回避技術が搭載され、この機能は前日には存在しなかった障害物（新たに樹木が植えられ、移動式クレーンが進路内に入ってきた場合など）でも認識できるようS/Wによる処理が特長である。

イスラエルのFlytrex社が推進するドローンデリバリーは物流配送が派生しUber Eatsに展開できるサービスとして注目されている。この仕組みの優れた点は、従来のプラットフォームだけでなくドローンの製品メーカーが消費者の情報を獲得できることにある。まず消費者が専用アプリをスマートフォンにインストールしてドローンの配達場所を登録する。配達場所は、戸建て住宅のバックヤードを登録する。そして、アプリを起動すると画面に注文できる料理や品物が表示されており、好きなものをタップしてオーダーする流れで、これを購買履歴としてデータ貯蔵することになる。

### 1.3 保安・セキュリティ・点検

ドローンの長距離目視外飛行には通信機能としてネットワーク設備が必要で、国内ではドコモ社がWi-Fiエリアだけでなくシームレスな長距離飛行をサポートする目的でモバイル利用可能な通信帯域を解放している。それにより、山間部や離島へ定期的に医薬品の配送が可能になり災害時などの有事や交通機関寸断時には孤立集落へ医薬品の配送もできる。また、災害発生時には遠隔地から被災地の状況をリアルタイムで中継配信を行っている。

点検分野では太陽光パネルや送電線、移動体通信の基地局・通信鉄塔、橋梁、屋根、工場や大規模建造物の設備点検で人が作業するより効率的なため、設備費や人件費の削減にも寄与している。

## 2 周辺サービス

製品メンテナンスの方法や飛行講習を受ける学校や、機体の保険が対象となる領域で、2023年以降も拡大する予想がされている。国土交通省航空局が記載した『ドローンの操縦技能講習を行う民間講習団体』は、2017年43団体、2020年735団体、2022年1,491団体と増加傾向を示し、運営する事務所数も近年の増加が目覚ましい。技能講習は、ドローンだけでなく設計方法を活用できる可能性が高い自律走行搬送ロボット（以下、自走ロボットと略称）市場にも影響を与えている。自走ロボットは、物流倉庫・病院・レストラン店等で自己位置や周囲の状況をセンシングしながら目的地へ移動する自律移動型ロボットのことで、車輪を用いて地上を移動する状態が一般的である。製品にはセンサーが搭載され、走行状態を感知しつつ走行結果をデータ収集する行為が注目を集め、これが自動運転技術として拡張される。

現在、こうした研究がAI搭載型ドローンの自律運転飛行にも通ずる共通研究要素として応用が進んでおり、今後はAPI<sup>14)</sup>を通してプラットフォームにアクセスする形が見えてくる。APIによって他社のサービスやデータフォーマットでサポートできる状態になれば、既存のビジネスと併存して商品配送を受けたドローンに自分の荷物を載せて誰かに送る等のサービス展開も可能となる。ドローンは長期飛行に課題があり、特にバッテリー容量の確保は機体の重さに関わり難いため、飛行に必要な電力を地上から有線給電で補給するような従来の給電設備を活用した資源分散も進んでいる。

## 3 製品・機体

ドローンの製品内部は、高機能なFCの部品によって成立しFC内部で擦り合わせが行われている。消費者が場所や地域の製品を受けずに繋がる通信方式は、従来の3GとLTE(2.1GHz帯)に第5世代移動通信システム（以下、5Gと略称）周波数帯域が加わり、繋がりやすい通信環境の整備は進んでいる。安全飛行のリスクに対し、機体の認証制度や操縦ライセンス制度、運航ルールなど新制度を設けたが人や



建物が多い都市部上空等を飛行させる場合には衝突回避システムや墜落に備えた安全機能が必要になるが、現在は高度飛行中に機体に異常が発生したことが確認されると、遠隔制御システム上にアラート画面が表示され遠隔操作でドローンを着陸させる方法があるのみで機体が主体的に墜落を予測し回避するような機能は備わっていない。AIが搭載されると、FCの制御機能の中に高度なS/Wが擦り合わすことが、現時点での機体単体の差別化になる。また、S/Wは上空のICTシステムやセンサーからの情報を基にFCへの指令を作り出しており、飛行経路や墜落リスクを回避するセンサーが十分に作動することで安全性を保つことができる。

今後、ドローン利活用のポテンシャルをさらに引き出すため、機体の安全性向上・高性能化を進めドローンの活用の幅を拡大させるにはFCをモジュール化させることになる。また、ドローンの製品価格を抑制させる設計上の課題でコストの抑制は無視できず、そのため汎用的なモジュール部品を市場に普及させる動きが予想される。現在のドローンの製造には必要となる単機能部品を個別に市場から見つけ出し、各サプライヤと取引を行い調達した複数部品を自ら擦り合わせて各機能を繋ぎ合わせているため、電子部品の設計と市場から広く調達を行う過程で、全ての部品間の品質評価や連携の検証までを含む開発となり時間が掛かっている。つまり、製造コストが増加する要因となっている。

## V 分析結果から導く提言

### 1 製品アーキテクチャの対応

基本的に企業は、自社が行う範囲を決めることから着手する。この場合全ての製品化とサービスを自社で対応することが最善とは限らず、主要な部品と補完する部品を区別し設計を試みる。何を自社で行い、何を補完者に任せるのかを決めることである。次に、製品化の工程でインテグラルとモジュールの範囲を決める。モジュール化は協業社のインセンティブや能力に大きく影響するが、一度完成すると多様な産業に対するオープン化が期待でき充電インフラやアンテナ等の補完製品の開発を促進することにも繋がる。

ドローンは、物流倉庫・病院・レストラン店等で自己位置や周囲の状況をセンシングしながら目的地へ移動する場合、搭載されたセンサーで飛行状態をDCへ送信しデータ収集を行う。今後、機体にAIが搭載された場合、イスラエルの農家で見られるような「収集したデータを統合し、自律運転機能が拡張される」変化を予測する。機体の飛行状態をセンサーが読み、データをクラウドへ共有することで人が行う「認知」「判断」「操作」等の行為をAIが統合する設計である。これらは、飛行時の正確な位置情報を認識するだけでなく、最適な飛行経路や状態を自律的に保つことも可能で、将来的には物流運搬で事前に渋滞の可能性を検知し、人為的な運転ミス懸念からも解放されるであろう。さらには、飛行発進や加速調整を行う運行の最適化、プロペラに使われるモーターやターボの回転数を抑えバッテリー消費が効率化するため、こうした影響を多様なサービスに波及させることが期待できる。

### 2 プラットフォーム化の在り方

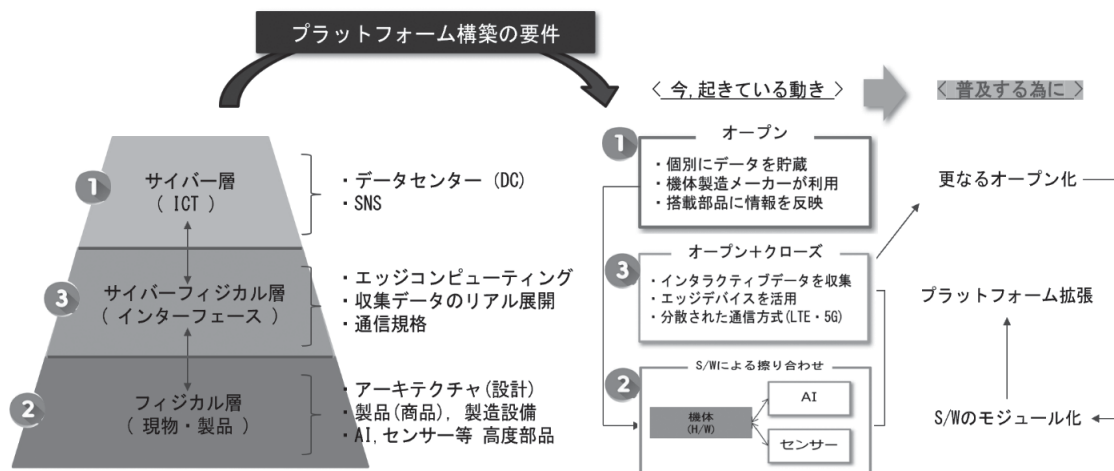
現在主流のプラットフォームは、共通の目的や資源を共有するために個人や組織を統合するもので、プラットフォームどうしの競争が一般的である。ドローンは安全飛行の水準を高め、多様なサービスからAIによって獲得したデータをDCに貯蔵する形によって異なる業界でも共通利用できる基盤となることができるであろう。そこには、農業や物流で得られたドローンの活用方法が存在し異なる産業でドローンの能力を高め、それを各産業で吸収し実用的な形にアジャストしていくプロセスが見えてくる。これは、中インテグラル・外モジュラーであり、これを構築する要件に「構造的空隙」を加える。構造的



空隙は、Burt (1992) によって「重複していないコンタクト群が分離している状態」と定義され、ネットワークの構造を支える三者以上からなるノードの最適なつながり方と関係する。具体的には、互いに強い繋がりがある密度の高いネットワークでは情報の量と質、ネットワークを維持するためのコストがかかるという観点から有益な情報を獲得するには異業種や他産業にもリーチできる存在であること、つまり、市場の情報を効率的に触れることができる独立したコンタクトやブリッジを有する製品として存在することである。

デジタル化の3層構造を用いて今起きていることを説明すると、まず①では、サービスで得られた情報はDCに保管し、アーカイブの形式で閲覧を開示する。ドローンのセンサーは、ビジネス現場で実用的な情報を迅速に獲得しているが②では、そうした能力はS/Wがセンサーと連動している形を目指している。インテグラルとモジュールをバランスよく取ることで、センサーが読み取った情報は上空のインターネットを通じクラウドで処理できるよう閉鎖的な環境よりも広くオープンにする形を取る。③は、ネットワーク規格は、5G等の標準IFを活用し広く分散することで他社のサービスや製品とも繋がりやすい形を目指す。ドローンの活用によって得られたデータはビジネスモデルに不可欠でありネットワーク効果の創出も期待できるであろう。

以上のように、①から②、③と流れるプロセスを取ることがプラットフォーム化の要件であるが、ヒアリングによって確認できた情報から、普及するためには更なる変化が考えられ、これらをプラットフォーム構築の要件として記述した。



出所) [小川2014], [藤本2017]を参考に筆者作成

図2. デジタル化の3層構造から導くプラットフォーム構築要件と製品アーキテクチャの枠組み

従来からイノベーションの課題やリスクの回避は市場や消費者の反応に関係しており、多くの情報やデータを集める仕組みを基に企業が丁寧に選択できる方が、課題とする飛行リスクを避ける可能性は高いといえる。したがって、ドローンの製造メーカーが取り組むアーキテクチャはインテグラル要素を含めAIとS/Wを繋げたモジュール化に対応できる力量が必要で、多様な業界で使用されたデータは市場で関係する企業や組織と共有する形が望ましい。それゆえ、サイバー層は更なるオープン化が前提となり、プラットフォームの拡張へと進むのである。

## VI まとめ

### 1 研究の成果

本稿は、次世代空モビリティとしてドローンの市場化に向けた提言を製品アーキテクチャとプラットフォームビジネスの複眼視点で捉えてみた。研究で得られたことは、第1に、デジタル環境で製品やサービスの価値創出を実現する企業間の連携を考察し、プラットフォーム化を構築する要件について補完的生産者が新しい役割を持つパターンを確認できたこと。第2に、製品設計の視点でインテグラルとモジュールの境界変化を捉え、存在する課題の克服に向けた製品設計に対する検証を進めたことである。

近年のビジネス環境では企業間で互いに経営資源を活用し良好な関係を維持しながら相乗効果を発揮することが求められ、主体企業を含む製品・サービスを補完するデバイスや補完的機能を保有するプレイヤーの役割変化を観察することでエコシステムの形成過程に関与する可能性を認識できたといえよう。

### 2 今後の課題

ドローンの市場化に対する課題としての安全飛行リスクの回避に向かう製品設計の仕組みと今後の変化に対応する製品設計を取り上げているが、分析の妥当性を深めるためには、複数の異なる産業で展開される事例を加えて検証を行う必要がある。また、キャズムを超えた先に展開される利害関係者の環境変化と全体バランスを予見した企業戦略と組織力量を同時に備えることも不可欠といえる。その上で複数の主体企業が大規模に結びついた協調的ネットワーク、つまり、エコシステムマネジメントに発展させることであり、今後そうした状況に対応できる戦略と組織がどのように変化していくか、パターンを細分化するアプローチによって新たな解釈が成立するか、持続的なりサーチが必要である。

## 注

- 1) 深層学習モデルの処理に適したプロセッサのこと。具体的にはFPGA (Field Programmable Gate Array)、AI処理専用チップ (ASIC, Application Specific Integrated Circuit) を意味する。言語の理解や推論、問題解決などの知的行動を人間に代わってコンピューターに行わせる技術の総称、Artificial Intelligence の略語、これまで人間にしかできなかった知的な行為 (認識・推論・言語運用・創造等) を、どのような手順 (アルゴリズム) と、どのようなデータ (情報・知識) を準備すれば、それを機械的に実行できるか、に関する研究が進んでいる。
- 2) データ処理をクラウドのデータセンターから物理的にユーザーに近い場所、つまり「エッジ」に移す技術を指す。これによりレイテンシー (遅延時間) が大幅に削減され、リアルタイムでのデータ処理が可能になり、特にIoT デバイスが生成する大量のデータを効率的に処理するのに適している。
- 3) デジタルデータをもとに創作物を制作する技術のことを指し、代表例として3Dプリンティングがある。
- 4) 2021年6月11日に公布された航空法等の一部を改正する法律のこと。ドローンは墜落や接触などで大きな事故を起こす可能性があることや、プライバシー侵害につながる懸念があり、「航空法」と「小型無人機等飛行禁止法」の2つにより規制されている。
- 5) 2024年4月からトラックドライバーの時間外労働の960時間上限規制とトラックの改正改善基準告示 (※) が適用され労働時間が短くなることで輸送能力が不足し「モノが運べなくなる」可能性が懸念される。  
※「自動車運転者の労働時間等の改善のための基準」(厚生労働大臣告示) のこと。
- 6) 複雑で微細な電子回路のパターンを大きなガラス板に描いたフォトマスクを極めて高性能なレンズで縮小してシリコンウェハと呼ばれるシリコンの板に焼き付ける装置。
- 7) 各種のコンピューター (メインフレーム、ミニコンピュータ、サーバ等) やデータ通信などの装置を設置・運用することに特化した施設の総称。
- 8) 一般的に、校正・調整などの意味を表す言葉で、この場合はドローンの水平感覚と進行方向を正す機能。
- 9) Inertial Measurement Unit (略称: IMU) 3次元の慣性運動加速度センサーで並進運動を、角速度 (ジャイロ) センサーで回転運動を検出し位置や姿勢の検知、機体の振動制御などに使われる。

Aug. 2024

ドローンの市場化に向けた提言

- 10) 安定した電源を供給する役割を持つ電子部品。複数個の半導体を組み合わせ1パッケージにした部品で電子機器の小型化や生産工程の短縮に効果がある。
- 11) コマツが開発した機械情報を遠隔で確認するためのシステム。世界中の機械の稼働時間がオンタイムでわかり、機械の稼働状況を統括的に把握することで、作業管理の効率化や実績集計の省力化が行える。
- 12) 自社の製品やサービスの価値を高めてくれる企業や人を指す。
- 13) 2022年に、カリフォルニア州ロックフォードとテキサス州カレッジステーションの一部地域を対象にしたAmazon.com社によるドローン宅配便。郊外で人口が密集しておらず、安全性の担保が比較的容易な地域で輸送する。
- 14) アプリケーションプログラミングインタフェース (API, application programming interface) は、ソフトウェア同士が互いに情報をやりとりするのに使用するインタフェースの仕様のこと。

### 参考文献

- Adner, Ron and Rahul Kapoor (2010) "Value Creation in Innovation Ecosystems: how the structure of technological interdependence affects firm performance in new technology generations", *Strategic Management Journal*, Vol31, No.3 p.306-333.
- Burt, R. S (1992) *Structural Holes: The Social Structure of Competition*, Cambridge Massachusetts: Harvard University Press (安田雪訳『競争の社会的構造—構造的空隙の理論』新曜社, 2006年).
- Cusumano, Michael A (2010), "The evolution of Platform Thinking", *Communications of the ACM*, 53 (1), p.32-34.
- Gawer, A. and M. A. Cusumano (2002) *Platform Leadership: How Intel, Microsoft, and Cisco Drive Industry Innovation*, Harvard Business School Press (小林敏男訳 (2005) 『プラットフォーム・リーダーシップ: イノベーションを導く新しい経営戦略』有斐閣).
- Mohan Subramaniam (2022) *The Future of Competitive Strategy Unleashing the Power of Data and Digital Ecosystems* / The MIT Press.
- Rochet and Tirole (2003) "Platform competition in Two-sided markets", *Journal of the European Economic Association* 1, (4), p.990-1029.
- インプレス総合研究所 2023年3月27日「日本国内におけるドローンビジネスの現状と今後の展望」。
- 内田和成 (2022) 『イノベーションの競争戦略』東洋経済新聞社。
- 小川絃一 (2014) 『日本企業再興の条件 オープン&クローズ戦略』翔泳社。
- 国土交通省 産業技術環境局 2024年3月8日『物流2024年問題への対応』, p.2。
- 高梨千賀子 (2016) 「モノづくり企業のプラットフォーム構築とその要件」, CPSとサービス化の視点から: イノベーション学会 *The Journal of Science Policy and Research Management*, Vol.32 No.3, p.316-334。
- 藤本隆宏 (2002) 「新製品開発組織と競争力」『赤門マネジメントレビュー』1巻1号 概説 p.2。
- 藤本隆宏 (2004) 『日本のもの造り哲学』日経BPマーケティング。
- 藤本隆宏 (2005) 「アーキテクチャの比較優位に関する一考察」/ REITI 独立行政法人経済産業研究所, Discussion Paper Series 05-J-013。
- 藤本隆宏 (2017) 『現場から見上げる企業戦略論』角川新書。