

空飛ぶクルマのユースケースに関する調査  
～日本国内における利活用促進を目指して～

2021年3月



# 目次

1. はじめに.....	2
2. 空飛ぶクルマとは.....	4
① 空飛ぶクルマの概要・特徴.....	4
② 空飛ぶクルマの種類.....	4
③ 主な空飛ぶクルマ開発メーカー.....	5
3. 空飛ぶクルマのユースケースと日本における社会課題解決の可能性.....	9
① 空飛ぶクルマのユースケース.....	9
② 日本における空飛ぶクルマ活用の意義.....	13
③ 社会実装に向けたタイムライン.....	13
4. ユースケースを検討する上で考えるべきポイント.....	15
5. 空飛ぶクルマの実装に必要なインフラ.....	18
① 離着陸場.....	18
② 管制.....	22
③ 通信.....	24
6. 空飛ぶクルマの事業性.....	26
① 空飛ぶクルマ産業の概観.....	26
② ニセコ二次交通を事例とした運航事業の事業性に関する考察.....	26
③ 運航事業の担い手に関する考察.....	29
7. おわりに.....	31

## 1. はじめに

次世代のエアモビリティとして「空飛ぶクルマ」に対する注目が世界的に高まっている。一昔前までサイエンスフィクションの世界とされてきたが、Airbus や Boeing などの航空機メーカーに加え、トヨタ自動車や Daimler といった自動車メーカーもベンチャー企業への出資などを通じて機体開発レースに参戦しており、空飛ぶクルマが私たちの頭上を普通に飛び交い、またユーザーとしても気軽に利用できる時代は着実に近づいている。

我が国においても、日本における空飛ぶクルマの実現に向けて、経済産業省と国土交通省により官民の関係者が集まる「空の移動革命に向けた官民協議会」（以下、「官民協議会」）が 2018 年 8 月に設立され、同年 12 月には 2023 年のサービスイン、2030 年の本格実装の実現を図るためのロードマップが発表された。2020 年 8 月からはこの官民協議会においてルール作りなど詳細な改訂に向けて実務者会議が行われており、足元では「日本国内におけるユースケース」が議論されているところである。

空飛ぶクルマのような新しいモビリティを社会に実装するには、機体の技術開発やインフラ整備、法制度などの各要素を個別に見るのではなく、各要素を組み合わせた一つのシステムとして全体のデザインを考える「システムデザイン」のアプローチが有効である。そして、システム全体を考える上では、まずはそのシステムのユースケースにフォーカスしなければならない。ユースケースを踏まえて機体やインフラに対する要求仕様が定まり、そこから期待されるデザイン、開発・製造・運用コスト、運賃が決まり、最終的に需要が推定されるからである。

空飛ぶクルマにはどのようなユースケースが考えられるだろうか。欧米で空飛ぶクルマは「UAM : Urban Air Mobility（都市型航空交通）」の名称で語られることが多く、都市部の上空をバスやタクシーのように運航するモビリティとしての活用が最も注目を集めている。一方、日本では都市部での UAM としての活用も期待されるが、地方において二次交通、都市間交通、離島・過疎地における移動、救急救命医療や災害救助など持続可能な社会を実現するための交通手段として実用化されていくことが期待される。この時、都市部と地方で想定されるユースケースが異なるため、そこから導き出される機体やインフラへの要求仕様、運航ルール、必要な法整備なども異なってくるものと考えられる。更に言えば、各地方においても人口分布、地形、気候などの要因に違いがあることから、地域毎の個別事情も勘案する必要がある。また、各ユースケースの事業性という観点も極めて重要である。十分な収益の上げられるビジネスとして成立しなければ、世の中でサービスとして継続的に提供されることは難しい。事業性を検証するには、推定される需要と運賃から計算される売上高と運航コストをユースケース毎に考えていく必要がある。

本報告書は、空飛ぶクルマの概要や特徴について紹介するとともに、都市および地方における主なユースケースと具体的にユースケースを詳細化する上でポイントになる項目を解説し、北海道ニセコ地域を事例として空飛ぶクルマの事業性について考察するものであ

る。現時点で世の中に商用の認証を受けた空飛ぶクルマは未だないが、その未来はすぐ近くにまでやってきている。一定の安全性を実現した機体が世の中に登場した時に空飛ぶクルマの運航を日本でスムーズに開始するために、空飛ぶクルマをひとつのシステムとして都市単位・地域単位でどう実現するかの議論を早期に開始する必要がある。そしてそのためにはまずユースケースを考えなければならない。ユースケースは個別具体性が強いものであり、各地域が様々なユースケースを事業性という観点も踏まえながら具体的に検証し、課題や論点を明確にしていくことが望ましい。本報告書がそのような取組を進めようとする地方自治体や民間事業者にとってのヒントとなれば幸いである。

なお、本報告書は株式会社日本政策投資銀行（以下、「DBJ」）と慶應義塾大学大学院システムデザイン・マネジメント研究科空飛ぶクルマ研究ラボ（以下、「空飛ぶクルマ研究ラボ」）が共同でまとめたものである。空飛ぶクルマ研究ラボは空飛ぶクルマの実現に向けた政策立案と世界で戦えるベンチャー企業輩出を目指して2017年度に設立され、機体設計および事業面や交通システムを包括的に研究している。DBJは、1951年に産業開発の促進等を目的に設立された政府系金融機関であり、航空機産業をはじめとする国内産業への政策金融の提供や産業分析に長年にわたり携わってきた。空飛ぶクルマが提供する移動の可能性や産業としてのポテンシャルに注目しており、投融資や情報発信などの活動を通じ、本産業の形成と発展を積極的に支援していきたいと考えている。

株式会社日本政策投資銀行  
慶應義塾大学空飛ぶクルマ研究ラボ  
2021年3月

## 2. 空飛ぶクルマとは

### ① 空飛ぶクルマの概要・特徴<sup>1</sup>

空飛ぶクルマというと地上を走行し、空も飛べる「自動車」がイメージされるが、世界的には主に「eVTOL (electric Vertical Take-Off and Landing : 電動垂直離発着機)」の名称で開発が進められており、「航空機」の中の「回転翼機」の一種に位置づけられる<sup>2</sup>。

空飛ぶクルマの特徴は eVTOL (電動垂直離発着機) の名前が表す通り、電動<sup>3</sup>で滑走路を使わず、空と離着陸場を垂直に昇降できる点にある。この垂直離着陸機能により、地上のインフラに縛られることなく、点から点へと 2 地点を効率的に移動することが可能である。また将来的には完全自動操縦で運航されると考えられており、電動化と自動化の組合せにより実現する機体費用・運航費用のコスト削減や安全性の向上、低騒音であることによる飛行ルートの拡大などにより、同じ垂直離着陸機能を有するヘリコプター (以下、「ヘリ」) よりも幅広く世の中で活用され<sup>4</sup>、「空の大衆化」(Democratizing the Sky) が実現することが期待されている (図表 1.1)。

図表 1.1 街を行き交う空飛ぶクルマ将来像<sup>5</sup>



### ② 空飛ぶクルマの種類

Electric VTOL News の調査によると、400 種類を超える空飛ぶクルマの機体デザインが世に公表されているが<sup>6</sup>、機体の形状によって、ドローンから派生したマルチコプタータ

<sup>1</sup> より詳細には DBJ が 2020 年 8 月に発行したレポート「社会実装に向けて離陸する新たなモビリティ「空飛ぶクルマ」～日本社会にもたらす変化と可能性～」

<[https://www.dbj.jp/topics/investigate/2020/html/20200828\\_202828.html](https://www.dbj.jp/topics/investigate/2020/html/20200828_202828.html)>を参照。

<sup>2</sup> 日本で使われている空飛ぶクルマの「クルマ」という言葉には、「個人が日常の移動のために利用するもの」といった意味が込められている。多くの人が日常的に使う新しい空のモビリティというイメージを広く喚起する狙いがある。

<sup>3</sup> 電動機の開発が主流だが、ハイブリッド型の開発も取り組まれている。また、燃料電池を用いるコンセプトも登場している。

<sup>4</sup> ヘリの利活用が中々拡大しない理由としては、騒音、高い機体・運用コスト、一般的な有視界飛行の場合に天候不良時の運用能力の制約などが挙げられる。

<sup>5</sup> METI Journal, “「空飛ぶクルマ」の実現に向けて-世界初のロードマップを取りまとめ-”, Jan 9<sup>th</sup> 2019, <<https://meti-journal.jp/p/3961-2/>>, (2021 年 3 月 22 日閲覧)

<sup>6</sup> Electric VTOL News, "eVTOL Aircraft Directory", <<https://evtol.news/aircraft>> (2021 年 3 月 22 日閲覧)。

イブと回転翼と固定翼の双方を持ち合わせる有翼タイプ<sup>7</sup>に大別される。図表 1.2 の通り、マルチコプタータイプと有翼タイプは航続距離や巡航速度などの性能や価格が大きく異なるため、ユースケース毎のニーズに応じて、使い分けられることが想定される。

図表 1.2 空飛ぶクルマの類型・特徴・性能例

タイプ	マルチコプタータイプ	有翼タイプ
概要・飛行原理	プロペラが回転する際に生み出す揚力で浮上し、複数のプロペラで回転をコントロールすることで揚力のバランスを取り、姿勢を制御する機体。	垂直に離着陸する原理はマルチコプターと同様だが、水平移動の際にプロペラ付きの航空機のように前を向いたプロペラによって機体の前進力を得る。
特徴	構造が簡素であり開発が比較的容易。また開発コストも低い。サイズも比較的コンパクト。	飛行効率に優れ、高速飛行、長距離飛行も可能。また翼があるため万が一の際の滑空も可能。
乗客数	2名（パイロット含む）	3~4名+パイロット1名
最大飛行速度	100km/h	200~300km/h
航続距離	30-50km	100~300km
想定機体価格	数千万円	数億円
主な用途	地域内移動	都市間移動

### ③ 主な空飛ぶクルマ開発メーカー

空飛ぶクルマの開発には航空機・ヘリメーカー<sup>8</sup>や自動車メーカー<sup>9</sup>が参戦しているが、

なお、2017年に本サイトに登録されていた機体数は10数件であり、2019年には200件を突破、2021年3月には400件超えと、業界に対する注目度の高まりが見て取れる。なお、この件数には、ベンチャーや大企業によるプロジェクトだけでなく、学生の研究やコンペティション用など幅広い機体が含まれている。

<sup>7</sup> 有翼タイプは更に推力の方向が変わる **Vectored Thrust** と推力の方向が変化しない **Lift + Cruise** に大別される。

<sup>8</sup> 大手民間航空機メーカーである **Airbus**、**Boeing**、**Embraer** 各社は機体開発を進めている。また、ヘリメーカーの **Bell Textron** も機体を開発中。

<sup>9</sup> ベンチャー企業への出資や自社開発などを通じて、トヨタ自動車、現代自動車、Daimler、General Motors、Stellantis（フィアット、プジョー、アルファロメロなどのブランドを展開）、Porsche など名だたる自動車メーカーが機体開発に関与している。

開発レースを牽引しているのは世界各国のベンチャー企業である（図表 1.3）。これらのベンチャー企業は多額の資金調達を実現し、既にデモ機の製造から技術実証のための飛行試験の段階に入っている。この先数年以内に型式証明を取得し、商業飛行を開始する機体が登場してくると予想される。また、近年、米国では SPAC<sup>10</sup>を活用した上場が一大ブームを迎えているが、この波は空飛ぶクルマ業界にも押し寄せており、2021年3月現在において空飛ぶクルマに関する複数のベンチャー企業が SPAC による上場を発表している<sup>11</sup>。空飛ぶクルマが提供する新たな移動の可能性と実現した場合の市場ポテンシャルに魅力を感じる多額の民間資金が、SPAC を通じて空飛ぶクルマ産業に流れ込み、機体開発から社会実装の流れが欧米を中心として加速していくことが予想される。

なお、この先のユースケースの議論の参考として、公表情報に基づき SkyDrive、Volocopter、Joby Aviation が開発する機体の技術仕様を図表 1.4 に記載する。

---

<sup>10</sup> Special Purposed Acquisition Company の略。自らは事業を行わないペーパーカンパニーを上場させ、上場後に未公開会社の買収を行うもの。未公開会社にとっては従来の IPO プロセスを経ずに素早く上場できるなどのメリットがある。

<sup>11</sup> 2021年3月現在で SPAC を活用した上場を正式に発表したのは、機体開発を行う Joby Aviation、Archer Aviation、空飛ぶクルマの運航プラットフォームサービス展開を狙う Blade Urban Mobility Air など。

図表 1.3 空飛ぶクルマ機体開発に取り組む主なベンチャー企業<sup>12</sup>

国	企業名	機体	概要	調達額 百万米\$	主な投資家・ 連携先
米 国	Joby Aviation	有翼	業界のトップランナー。2023年の 認証取得と商業飛行実現を目指 す。2020年にUberよりUber Elevateを譲り受ける。	820 +1,600※	トヨタ自動車、 Uberなど
	Archer Aviation	有翼	AirbusやJobyなど競合他社からト ップ人材を採用し設立。United Airlinesから最大200機を受注。 2024年の商業飛行開始を目指す。	60 +1,100※	Stellantis、 United Airlines など
	Kitty Hawk	有翼	Google共同創業者ラリー・ページ が支援するベンチャー企業。大型 のHeavisideの開発を進める。	N.A.	—
	Wisk	有翼	BoeingとKitty HawkのJV。ニュ ージーランドにおいて実証実験を 実施中。	N.A.	—
独	Volocopter	マルチ	マルチコプター機開発の先駆者。 機体開発に加え、運航管理も提供 する構想。パートナーと共同でイ ンフラ整備も進める。	€322百万	Daimler、日本 航空、住友商 事、NTTなど
	Lilium	有翼	ダクト付き電動ファンを搭載した 機体を開発。量産に向けて生産体 制を構築中。2025年のサービス開 始を目指す。	375	Tencentなど
中 国	EHang	マルチ	ドローン大国中国発祥のNASDAQ 上場企業。機体の商用販売を既に 開始している。欧州各国や韓国で も実証飛行を進めている。	N.A.	Vodafoneなど
日 本	SkyDrive	マルチ	有志団体CARTIVATORを母体と して創業された日本のフロントラ ンナー。様々な日系企業が支援。	N.A.	DBJ、NEC、伊 藤忠、大林組、 SMFLなど

※SPACを活用した上場により調達予定の金額

<sup>12</sup> 各社公表資料などにより DBJ 作成



図表 1.4 主な機体の技術仕様

機体名	SD-03 <sup>13</sup>	Volocity <sup>14</sup>	Joby S4 <sup>15</sup>
開発メーカー	SkyDrive	Volocopter	Joby Aviation
機体タイプ	マルチコプター	マルチコプター	有翼 (Vectored Thrust)
最大離陸重量 [kg]	-	900	2,177
空虚重量 <sup>16</sup> [kg]	400	700	-
航続距離 [km]	-	35	241
最大巡航速度 [km/h]	40 - 50	110	322
全長 [m]	4.0	11.3	6.4
全幅 [m]	4.0	11.3	11.6
全高 [m]	2.0	2.5	-

<sup>13</sup> Vertical Flight Society, “SkyDrive SD-03”, <<https://evtol.news/skydrive-sd-03>> (2021年3月22日閲覧)

<sup>14</sup> Volocopter, “VOLOCITY Design specifications”, August 2019, <[https://www.volocopter.com/assets/pdf/20190819\\_VoloCity\\_Specs.pdf](https://www.volocopter.com/assets/pdf/20190819_VoloCity_Specs.pdf)> (2021年3月22日閲覧)

<sup>15</sup> Vertical Flight Society, “Joby S4”, <<https://evtol.news/joby-s4/>> (2021年3月22日閲覧)

<sup>16</sup> 空虚重量 (Empty Weight) は、機体構造、エンジン、固定装備などの合計重量のこと。乗員、パイロット、燃料などは含まれない。

### 3. 空飛ぶクルマのユースケースと日本における社会課題解決の可能性

空飛ぶクルマを社会に実装する上では、機体やインフラの個々の要素だけでなく、システム<sup>17</sup>全体を考える必要がある。そして多視点で大規模なシステムを考える際には、まずそのシステムのユースケース、つまり空飛ぶクルマの実際の使われ方にフォーカスしなければならない。本章では、空飛ぶクルマが提供する主なユースケースを紹介するとともに、日本における活用可能性や社会実装に向けて現状想定されるタイムラインについて述べる。

#### ① 空飛ぶクルマのユースケース

海外では空飛ぶクルマはeVTOLの他にも「UAM: Urban Air mobility(都市型航空交通)」という名称で呼ばれ<sup>18</sup>、人口が密集した都市部においてバスやタクシーのように利用されることが想定されている。背景には、海外の多くの大都市で交通渋滞が深刻な社会問題となっていることが挙げられる。2050年には世界全体の都市部の人口が68.4%に到達するといった予測もある中<sup>19</sup>、先進国と途上国の双方において、広大なスペースが広がる空の遊休空間を活用し、点から点へと効率的な移動を提供する空飛ぶクルマに対する期待は極めて高い。

一方日本においては、海外同様都市部における新たな移動手段として普及していくことも期待されるが、人口減少や少子高齢化などの多くの社会課題を抱える地方においてこそ、空飛ぶクルマの果たす役割は大きいものと考えられる。地方における具体的な活用方法としては、二次交通、地方都市間交通、離島や過疎地域の交通手段、災害救助、救命救急医療、レジャー観光などが挙げられる(図表3.1)。各用途の概要、考えられるニーズ、課題などについて、以下の通り順に述べていく。

---

<sup>17</sup> ここで述べるシステムとは、情報、通信、メディア、ハードウェア、サービスから、人間、組織、社会、地球環境まで、複数の要素が相互作用するあらゆるもの、また複数の構成要素から成り立つ集合体のことを指す。

<sup>18</sup> 近年米国では、都市部での交通システムだけでなく、過疎地や通勤者航空などのより幅広い範囲を含む概念として「AAM: Advanced Air Mobility」という用語も使われるようになってきている。

<sup>19</sup> United Nations, “Department of Economic and Social Affairs, File 21: Annual Percentage of Population at Mid-Year Residing in Urban Areas by Region, Subregion and Country, 1950-2050”, 2018.

図表 3.1 空飛ぶクルマのユースケースの特徴と課題<sup>20</sup>

都市エアタクシー	災害救助	救命救急医療	
<ul style="list-style-type: none"> <li>●世界の都市渋滞は深刻</li> <li>●市場が大きく、経済効果大</li> <li>■国際競争主戦場</li> <li>■社会受容性（安全、騒音）が大きな課題</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>●南海トラフ地震など大災害の予測があり、活用のニーズ・社会受容性が高</li> <li>■常用の使い道が必要</li> <li>■着陸のフレキシビリティが必要</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>●社会受容性は高い</li> <li>●アメリカでは日本の約16倍のドクターヘリが存在（民間主導）</li> <li>■着陸場の省人化</li> <li>■フライトドクターの数に制約</li> <li>▲患者近くへの離着陸と夜間運航の実現が差別化要因（患者の約5割が夜）</li> </ul>	
二次交通、地方都市間交通	離島交通	遊覧観光・レジャー	
<ul style="list-style-type: none"> <li>●地方空港の多くは、羽田便のみ、若しくは、大都市便のみ。また空港から中核都市・観光地へのアクセスも改善が必要なケースが多い</li> <li>●企業誘致のために交通の便が必要（市場規模も比較的大きい）</li> <li>■飛行の確実性が必要</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>●全国420の有人島</li> <li>●技術・インフラ面で比較的容易</li> <li>▲収益性（観光にも使う必要有）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>●技術的に実現が比較的容易</li> <li>●観光業者の関心は高い</li> <li>■観光シーズンしか利用できない</li> <li>■飛行の確実性が無いと旅行日程に組み込まれない可能性も</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>●:利点、■:課題、▲:利点&amp;課題</li> </ul>	<th>過疎地交通</th> <td></td>	過疎地交通	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>●インフラ整備軽減</li> <li>●現在、限界集落が16,000存在</li> <li>■自動車と比しての時間短縮効果</li> </ul>		

(1) 二次交通（エアポートシャトル）

日本の地方空港は県の中核都市から離れた場所に位置するものが多く、シャトルバスなどで1時間程度の時間をかけて移動している。空港アクセスの改善は、ビジネス客の利便性向上だけでなく、観光客の誘致という観点からも重要である。点から点に最短距離<sup>21</sup>を短時間で飛行できる空飛ぶクルマであれば、この課題を解決する一助になる可能性がある。ルートとしては、空港から中核都市のターミナル駅を結ぶものや、空港から観光地をダイレクトで結ぶものなどが考えられるだろう。

(2) 地方都市間交通（近距離地方都市間の移動）

地方都市間の移動は不便なケースが多い。電車やバスだと県を跨いだ移動に何時間もかかり、また航路ではそもそも隣県への直行便がなく、ハブである羽田空港を一度経由しなければたどり着けないケースが多く存在する。道路や橋梁などの地上インフラに左右されず点から点へと移動できる空飛ぶクルマが実現すれば、地方都市間をダイレクトに繋ぐことができ、このような非効率な移動の解消に向けた一助になるだろう。また、移動が容易になることで、これまでになかった新しい移動需要が生み出される可能性もあり、地方経済の活性化に資するものと考えられる。

(3) 離島の交通手段

日本には有人の離島がおよそ420島存在する<sup>22</sup>。離島と本島、本土間や離島間交通の多

<sup>20</sup> 空飛ぶクルマ研究ラボ（2018）, 「空飛ぶクルマ」ロードマップ作成に向けて  
 <[https://www.meti.go.jp/shingikai/mono\\_info\\_service/air\\_mobility/pdf/002\\_02\\_02.pdf](https://www.meti.go.jp/shingikai/mono_info_service/air_mobility/pdf/002_02_02.pdf)> (2021年3月22日閲覧) を元にDBJ・空飛ぶクルマ研究ラボ作成

<sup>21</sup> ただし、飛行ルートが、管制や空域等の制約を受け、厳密には最短距離とはならない可能性もある。

<sup>22</sup> 離島経済新聞社, “有人離島一覧”, <<https://ritokey.com/shima>> (2021年3月22日閲覧)

くは船や航空での移動となるが、採算性の確保が困難であり、事業継続性が問題となっている。東京都の島々には離島間交通として、ヘリが導入されているが、多額の補助金により運航されている状況にある<sup>23</sup>。導入コストやランニングコストがヘリより低い空飛ぶクルマが移動手段として活用されれば、離島の住民の日常生活維持に役立つものと考えられる。ただし、住民の日常使いだけでは採算性の確保が困難であり、ヘリ同様補助金に頼り切ることになってしまうと予想されるため、観光客の移動手段、レジャー用途、医療用途など複数用途で併用することで、運航回数と運航ルートを増加させるようなビジネスプランの構築が必要になるだろう。

#### (4) 過疎地域での交通手段

現在の日本では少子高齢化などによって、地方で過疎化が進んでおり、日本全体で限界集落が 16,000 存在する<sup>24</sup>。限界集落における公共交通機関はバス・電車ともに赤字路線が多いことから、事業継続が困難となり廃止されるリスクが生じている。例えば JR 北海道は 2016 年に、営業路線の約半分にあたる 10 路線・13 線区を今後「当社単独で維持することが困難な路線」として発表し<sup>25</sup>、5 線区を廃止・バス転換する方針を決めている<sup>26</sup>。今後このような路線の廃止や運航便数の削減が全国各地で広がり、住民の生活や経済活動が制約されることが危惧される。また、財政難も相俟って道路や橋梁などの地上交通インフラの維持・整備が困難になってくることも予想される。そのような状況を踏まえると、自動車が走行するために必要な地上インフラ（道路、トンネル、橋梁など）への大規模な投資を必要としない空飛ぶクルマは、過疎地域において点と点を結ぶ新たな交通手段として活躍することが期待できる。

#### (5) 災害救助

日本は地震や台風などの自然災害が多く、地上の交通網が遮断される状況を過去に何度も経験してきた。災害で地上アクセスが寸断された際に、被災地の確認、物資輸送、傷病者の緊急輸送などは空を活用することが効果的である。現在災害救助の役割はヘリが担っていることが多い。大容量のペイロードを運べるヘリは引き続き災害時に重要な役割を担うが、離着陸の場所が限られていることもあり、ヘリよりも小型で、救助や支援が必要な場所にピンポイントで着陸できる空飛ぶクルマへのニーズも存在するものと考えられる。また、ヘリよりも機体購入費用やランニングコストが安価であるこ

<sup>23</sup> 乗りものニュース編集部, “日本唯一のヘリ定期航路 わずか 9 席の島々を結ぶ生活路線、その利用実態とは”, 乗りものニュース, October 13<sup>th</sup> 2018, <<https://trafficnews.jp/post/81695>> (2021 年 3 月 22 日閲覧)

<sup>24</sup> 読売新聞, “全国 174 集落が消滅、5 年間で”, June 5<sup>th</sup> 2018

<sup>25</sup> JR 北海道 (2016), “当社単独では維持することが困難な線区について”, <<https://www.jrhokkaido.co.jp/pdf/161215-5.pdf>> (2021 年 3 月 22 日閲覧)

<sup>26</sup> 朝日新聞 (2020 年 8 月 20 日), “北海道) 留萌線一部廃止で合意 沿線 4 市町”, <<https://www.asahi.com/articles/ASN8M6S7FN8MIPE01C.html>> (2021 年 3 月 22 日閲覧)

とも財政が苦しい地方自治体にとって魅力であろう。

このユースケースは緊急性が高く、また社会受容性も高いことから、早期に実用化されることが予想される。しかし、運航回数や運航頻度が多く見込まれないために、また緊急時に二次災害などを起こすことなく安全に活用できるように、平時の際の利活用が課題となるだろう。

#### (6) 救命救急医療

本用途は、社会受容性が高く、また医師からのニーズも強いいため、早期に実現することが見込まれる。日本では現在ドクターヘリが活用されているが、空飛ぶクルマはこれを補完する役割を担うことが考えられる。救命救急医療の本質的な目的は、傷病者の救急搬送ではなく、傷病者のもとへフライトドクターが可能な限り早く到着して治療を行うことである。故に、機体サイズの小さい空飛ぶクルマは、航続距離が短くとも、利活用のニーズが高い。ただし、現行ドクターヘリのパイロットは一般のヘリよりも乗務要件および訓練で求められるレベルが高く、パイロット不足につながっていることから、救命救急医療の空飛ぶクルマには容易な操縦と簡易な技能証明制度が必要である。その他、医師のニーズを踏まえ地方のコンビニ駐車場など狭い場所への離着陸を実現すること、また傷病者の半分以上が夜間に発生することから夜間飛行の実現が中長期的には求められること、といった課題が存在する。

なお、本ユースケースに関しては、空飛ぶクルマ研究ラボが代表となり、2020年1月に「空飛ぶクルマによる医師搬送システム検討コンソーシアム（NEXTAA：Nimble Emergency×Treatment Air Ambulance）」が設立されている。病院や一般社団法人全日本航空事業連合会、政府との連携のもとに具体的な技術・制度検討が進められている。

#### (7) レジャー観光

レジャーのユースケースは、名前の通り観光地における遊覧飛行等が相当する。現在遊覧観光はヘリで行われることが多いが、遊覧飛行には眼下に広がる島々やコバルトブルーの湖やダム、地上のランドマークを空から楽しむこと、また空から全体感を捉える醍醐味といった魅力が挙げられる。空飛ぶクルマで、ヘリよりも安価な価格で低高度の景観を楽しむことができれば、多くの人に楽しめるコンテンツとなる可能性がある。なお、現在の技術制約の中でも空飛ぶクルマによる遊覧飛行サービスの提供は可能な水準にある。課題としては、観光地の特有のシーズンしか活躍できない可能性があること、旅行代理店がトラベル商品としてパッケージ化するために高い運航率を実現する必要がある<sup>27</sup>ことなどが挙げられる。また観光地を巡るには低高度が相応しいが、現状の航空法では、最低安全高度を市街地上空では「水平距離 600m の範囲内の最も高い

---

<sup>27</sup> 少々の悪天候でも飛行でき一定の運航率を確保できることが必要。ただし、大雨のときは、そもそも景観を楽しむことができないため、運航は期待されない。

障害物の上端から 300m」、水上では「人または物件から 150m」と定めている。それを踏まえると、空飛ぶクルマが 150m 以上を飛行するか、若しくは遊覧地域における飛行高度の制約を緩和するといった調整が必要である。なお、遊覧飛行の高度はその景色を楽しむために最適な高度は何か、という視点からも検討する必要があるだろう<sup>28</sup>。

## ② 日本における空飛ぶクルマ活用の意義

ここまで述べた利活用を通じて、空飛ぶクルマは、交流人口の増加や観光産業の振興を通じた地域経済の活性化、持続可能な交通手段の構築や安全安心な地域社会作りに貢献することが可能であると考えられる（図表 3.2）。このような未来が実現できるのであれば、空飛ぶクルマが地方において実装される意義は高い。

図表 3.2 地方における空飛ぶクルマのユースケースと提供価値<sup>29</sup>



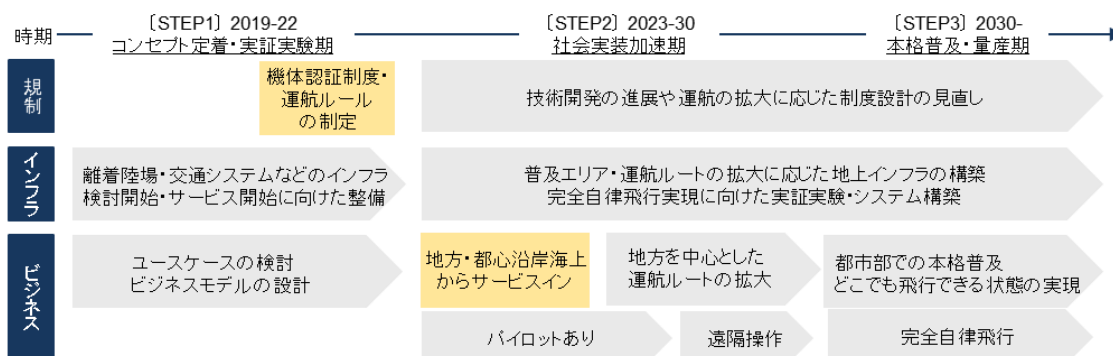
## ③ 社会実装に向けたタイムライン

日本では、空飛ぶクルマの社会実装に向けて、2018年6月に閣議決定された「未来投資戦略 2018」において、世界に先駆けて空飛ぶクルマの実現を目指す方針が掲げられている。この方針に基づき、第1章で述べた通り官民協議会が発足し、実装までのロードマップが取りまとめられた。このロードマップでは、2023年からの段階的な商業利用開始、2030年からの本格導入がタイムラインとして設定されている（図表 3.3）。

<sup>28</sup> 例えば瀬戸内で海上遊覧飛行を楽しむには高度 900m くらいが良いという声もあれば、沖縄で珊瑚礁が見えるようにするには 50m 程度がきれいなのではという意見もある。

<sup>29</sup> DBJ 作成。写真は経済産業省。

図 3.3 社会実装に向けたロードマップ<sup>30</sup>



2023年の地方や都心沿岸海上でのサービスインに向けて、2025年に開催される大阪・関西万博が推進力となる。大阪府は万博で空飛ぶクルマを実現するための取組を加速させていくことを目的として「空の移動革命社会実装大阪ラウンドテーブル」を2020年11月に立ち上げ、41の企業・団体（設立時）が参加しており、2023年の事業開始を目指している。実現に向けては、空域の制約、混雑空港である関西国際空港（以下、「関空」）を利用する航空機への負荷、離着陸場スペースの確保などの課題が存在しているが、これらの課題を関係者が万博の成功という旗のもとに力を合わせて乗り越え、タイムテーブル通りに実装が進んでいくことを期待したい。また、ここでは大阪府の事例を記載したが、三重県も空飛ぶクルマの可能性に注目し、事業化を見据えて中部国際空港－伊勢志摩スペイン村間をヘリで飛行する実証実験を行うなど積極的に活動している。三重県も空飛ぶクルマの早期実現が期待できる地域のひとつである。

米国においても類似のロードマップが掲げられており、米国連邦航空局（以下、「FAA」）やアメリカ航空宇宙局（以下、「NASA」）主導のもと、2023年の低密度運航開始、2028年頃の中密度運航開始がターゲットとされている。具体的な都市としては、テキサス州ダラス、カリフォルニア州ロサンゼルス、フロリダ州オーランドなどが機体メーカーと連携して早期の社会実装を目指している。またそれ以外の国では、英国やシンガポール、ニュージーランドなども空飛ぶクルマの導入に前向きに動いている。

<sup>30</sup> 経済産業省（2018）、「空の移動革命に向けたロードマップ」、  
<[https://www.meti.go.jp/press/2018/12/20181220007/20181220007\\_01.pdf](https://www.meti.go.jp/press/2018/12/20181220007/20181220007_01.pdf)>（2021年3月22日閲覧）を基  
づき DBJ 作成。

## 4. ユースケースを検討する上で考えるべきポイント

空飛ぶクルマのユースケースを具体化する上では、人口分布、地形、気候、地域住民の社会受容性など、地域毎に異なる事情を勘案する必要がある。日本の各地域において空飛ぶクルマの社会実装を進めるために、それぞれの地域が固有の事情を踏まえ、個別具体的なユースケースおよびそのユースケースを実装するにあたり必要なインフラ整備や法整備などを早い段階から議論していくことが望ましい。それでは空飛ぶクルマのユースケースを作成する上で、どういった要素をどのような順番で検討する必要があるだろうか。以下に考えるべき主なポイントを順に記載していく。

### (1) 地域が抱える課題

10年後・20年後の未来において持続可能な地域社会を構築するために、どのような交通手段が必要となるか。その時に空という広大なスペースを自由に移動できるとした場合、どのような未来が想像できるか。

### (2) 地域において有望なユースケース

地域の課題を踏まえ、地域の経済・環境・社会の持続可能性を高める一助として、本報告書の第3章①節で記述した空飛ぶクルマのユースケースのうち、地域内で活用できそうなものはどれか。なお、この時に現在地域内でヘリがどういった用途やルートで飛行しているかを確認することによって、空飛ぶクルマを地域内で活用するにあたってのヒントになるだろう。

### (3) 具体的な2地点と飛行ルート

地域内・地域間で点から点の移動を作りたい2地点（または複数地点）はどこか。その2地点でどのような飛行経路を設定することが可能か。なお、飛行経路の設定に際しては、以下の点を考慮する必要がある。

- 地形：山岳上は気流が安定しないため避けることが望ましい場合もある。一方、海上は安全性の観点から飛行しやすく、ルートを組むには有利である。
- 気象条件：瀬戸内のように気象条件が年間を通して良好なエリアの方が運航率を確保しやすい。
- 空域の特性・制約：空港の進入管制区、訓練試験空域、自衛隊基地、原子力施設周辺の空域、航空路などに注意を払う。
- 所管航空局との調整：路線運航の場合は申請手続きが必要となる。



#### (4) 機体選定

事業開始を想定する年代において世の中に存在する空飛ぶクルマの性能では、どの程度の航続距離や航続時間が実現できるか。それを踏まえ、想定した 2 拠点を飛行するのに最も適した機材は何か。この時、機体の最大乗客数は重要な仕様の一つとなる。例えばリゾート地など家族やグループ単位での移動が想定されるユースケースでは、最大 4 名＋パイロット 1 名が搭乗可能な有翼タイプの方が顧客ニーズにマッチしやすいだろう。

なお、ここでは空飛ぶクルマが持つ可能性を限定しないために、現在の技術・性能水準と将来実現する可能性がある水準を念頭に置いて検討する必要がある。

#### (5) インフラ整備

ユースケース、飛行経路、選択した機材の 3 点を踏まえ、どのようなインフラ整備（例えば出発地点と着陸地点の離着陸場など）が必要となるか。インフラについては第 5 章で詳細に議論する。

#### (6) 需要と運賃の推計

ここまでのポイントを踏まえ設定したルートには、どの程度の需要が見込まれるか。また機体の購入費用、需要から予想される稼働状況を踏まえた運用コストやインフラ設置・運用コストを踏まえ、運賃はいくらになると推定されるか。

#### (7) 運航事業の担い手

実際に空飛ぶクルマサービスを展開するために最も重要となる運航事業の担い手はどのような事業者が考えられるか。また(6)で検証した需要や運賃などを踏まえ、現時点および将来時点において空飛ぶクルマ事業の採算性を確保することは可能か。事業性や事業の担い手候補については第 6 章③節で述べる。

#### (8) その他の事業の担い手

運航事業以外の事業（空港、管制、離着陸場など）において地域内の担い手候補は誰か。またそれらの事業者は空飛ぶクルマに関わることに興味を持つか。地域内で事業者が見つからない場合、地域外や海外から事業者を連れてくることは考えられるか。

#### (9) 自治体による支援の可能性

運航事業が事業性を確保し難しい場合には、補助金などにより自治体が支援することは考えられるか。この時、競合が想定される交通機関（例：バス、鉄道、自動車、高速船など）との比較において、空飛ぶクルマの導入のメリット・デメリットを捉える必要がある。空飛ぶクルマにより新たな移動需要が創出される、または既存の交通機関を維

持するコストよりも低いコストで導入・維持できるといったシナリオが描けなければ、災害救助や救命救急医療といった金銭価値に置き換えがたい一部の用途を除き、導入の意義は薄れてしまうだろう。

#### (10) 社会受容性

地域住民は空飛ぶクルマによる運航サービスを地域で展開することに対して、どのような感情を抱くと考えられるか。空飛ぶクルマの社会受容性を高める上での課題は、安全性への懸念、騒音、ダウンウォッシュ、プライバシー侵害の懸念などが挙げられるが、これらの課題が具体的に誰にとってどのような問題になり得るか。また受容性を向上させるためにどのような取組みが必要となるか<sup>31</sup>。

なお、社会受容性を高めるために最も重要なプレーヤーは地方自治体であると考えられ、自治体が旗振り役となり、空飛ぶクルマの導入を推し進めていく必要がある。実証実験の実施や情報提供などを通じた地域住民に対するメリット・デメリットの明確化、救命救急医療や災害対策などの社会受容性が高い用途の積極的な展開などが空飛ぶクルマに対する理解を深め、地域での実用化を促すこととなるだろう。

---

<sup>31</sup> 空飛ぶクルマ研究ラボでは、ゲーミングシミュレーションにより社会受容性を仮想的に検証する方法を開発しており、これにより社会受容性向上に必要な機能要件を抽出することができる。詳細は空飛ぶクルマ研究ラボの海野が開発した「空飛ぶクルマの社会需要性向上に必要な機能要件導出のためのゲーム」によるゲーミングの検証事例を参照。(慶應義塾空飛ぶクルマ研究ラボ(2020), 長崎県の特設複合観光施設(IR)における空飛ぶクルマの活用案, 「空飛ぶクルマ」ロードマップ策定後の進め方, <[https://www.meti.go.jp/shingikai/mono\\_info\\_service/air\\_mobility/pdf/005\\_01\\_08\\_02.pdf](https://www.meti.go.jp/shingikai/mono_info_service/air_mobility/pdf/005_01_08_02.pdf)> (2021年3月22日閲覧))

## 5. 空飛ぶクルマの実装に必要なインフラ

空飛ぶクルマを社会に実装し、安全且つ効率的な商業運航を実現するには、離着陸場、管制・交通管理システム、通信などのインフラ<sup>32</sup>を整える必要がある。日本では機体開発や部品製造に特に関心が集まっているが、機体とインフラは両輪を担う関係にあり、インフラ整備なしに空飛ぶクルマを実用化することは不可能である。インフラ構築には数年の時間を要すると想定されることから、2023年のサービスインを目指す場合、早期に動き始める必要がある。この時、ここまでの議論同様、各地域の個別事情や具体的なユースケースを勘案することが求められるだろう。

本章では、主要なインフラの概要と、都市のユースケースとして東京エアタクシー<sup>33</sup>および大阪二次交通（関空－夢洲間のエアシャトル）、そして地方のユースケースとしてニセコ二次交通（新千歳－ニセコ間のエアシャトル）を事例とした場合のインフラ要件などについて紹介する。各ユースケースにおける要求仕様は図表 5.1 の通りであり、機体は純電動機を使用することを前提とする。

図表 5.1 各ユースケースにおいて想定される要求仕様

	東京エアタクシー	ニセコ二次交通	大阪二次交通
航続距離 [km]	30-50	100-140	30 (海上直線距離)
最高巡航速度 [km/h]	180-200	200	180-200
最大対地飛行高度 [m]	600	300	150 (海上ルート) 600 (地上ルート)
想定されるルート例	都内ビル屋上間、 ヘリポート－成田空港	新千歳空港－ ニセコリゾート	関空－夢洲

### ① 離着陸場

空飛ぶクルマの離着陸場は Vertiport とも呼ばれるが、既存のヘリポートと基本的な機能は同じである。空飛ぶクルマが離着陸する場であり、場所の選定や最大想定駐機数、運航ルール、環境基準などを考慮しなければならない。なお、日本においてヘリポートの施設は

<sup>32</sup> 本章で挙げている中心的な役割を果たすインフラに加えて、低空域向けの気象システム、高精度 3D マップ、位置情報システム、サイバーセキュリティなどの付帯的な要素も必要になる。

<sup>33</sup> 東京は空域制限が厳しく、柔軟な運航に制約がある可能性がある。例えば皇居上空は従前から飛行禁止である。加えて羽田新ルートの運用が 2020 年 3 月末から開始したことに伴い、当該ルート運航時間（15-19 時、南風）は特別管制空域が指定され、VFR で飛行するヘリなどの航空機は実質的に飛行できなくなっている。

航空法や航空法施行規則などに規定されている。空飛ぶクルマの離着陸場の施設やルールの詳細はまだ定められておらず、今後議論が必要である。

図表 5.2 に東京エアタクシー、ニセコ二次交通、大阪二次交通のユースケースで想定される離着陸場の概要を示す。

図表 5.2 各ユースケースにおける離着陸場の仕様

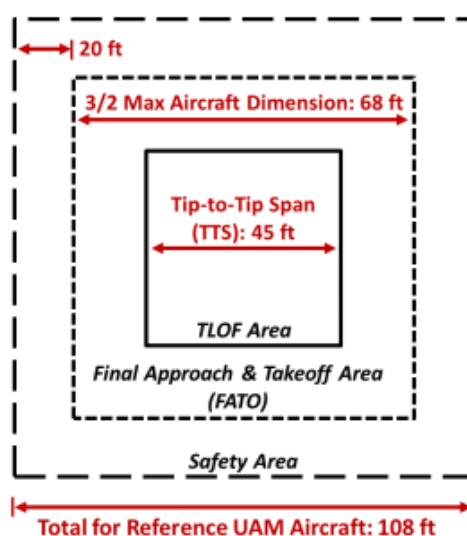
	東京エアタクシー	ニセコ二次交通	大阪二次交通
場所	都内の現行の屋上緊急離着陸場(Hマーク)を活用。	新千歳空港内およびニセコエリアのホテル敷地内に離着陸場を整備。	関空内および夢洲内に離着陸場を整備。
同時使用台数	2機以上の同時使用 <sup>34</sup>		
充電設備等	充電施設、バッテリー交換施設		
付帯設備	着陸帯、誘導路、風向指示器、管理事務所、区域侵入者検知システム、防火設備、消防設備、照明設備、周辺の風速監視のためのドップラーライダー、ユーザー向け施設、整備・駐機のための格納庫など		
騒音配慮	タワーマンションやオフィスビルなどの離着陸場周辺住民・勤務者への騒音配慮が必要。	ニセコではリゾートの静かな環境や離着陸場周辺住民への騒音配慮が必要。	海上ルートの場合は、大きな問題はないと見られる。
課題・論点	<ul style="list-style-type: none"> <li>都内の屋上の緊急離着陸場は消防防災ヘリのみ利用可能で民間ヘリは利用できない。また複数機の同時使用はできない。</li> <li>オンデマンドサービスを展開するには都内で常時、10機以上が待機するスペースを設ける必要がある<sup>35</sup>。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>離着陸場や航空保安無線施設の積雪により運航支援機能への障害が発生する可能性がある。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>海上ルートは旅客機の飛行ルートをもたざるをえず、管制官の観点から歓迎されないと考えられる。</li> <li>空飛ぶクルマは旅客機の合間に離着陸許可が出るのを長時間待つことになると考えられ、遅延が負担となる可能性がある。</li> </ul>

<sup>34</sup> 現行法ではヘリポートは2機以上のヘリが同時使用できないため(脚注37参照)、本ユースケースではルール改正されることを前提としている。

<sup>35</sup> 待機場所の候補としては臨海部や人工島などが考えられる。待機場所からユーザーがいる地点まで移動するのに時間がかかるのは、効率性やバッテリー消費という観点から課題がある。

図表 5.3 はアメリカで検討された空飛ぶクルマの離着陸場のサイズのイメージ (例) である。空飛ぶクルマの機体サイズは様々だが、複数の種類の機体が運航されることを前提にすると、離着陸場の面積は、機体の中でも大きなものに合わせることを望ましい。Joby Aviation が開発を進める機体は空飛ぶクルマの中でも最も大きい機体の一つであるが、機体幅は凡そ 45 フィート (約 13m) である。ここに着陸のアプローチや離陸のための必要な領域 (FATO : Final Approach and Takeoff Area) とセーフティエリアに必要なスペースを含めると、離着陸地点の幅は 108 フィート (約 33m) となり、離着陸地点は最低でも 33m 四方の面積が必要と推計できる。

図表 5.3 空飛ぶクルマの離着陸場イメージ<sup>36</sup>



エアタクシーやエアシャトルのようなユースケースにおいては、空飛ぶクルマは一つの離着陸場に一機ではなく、複数機を同時使用できることが期待されるだろう<sup>37</sup>。その場合、離着陸場には離陸しない他の機体の待機場所 (ゲート) が必要となるが、図表 5.4 のようなゲート数に応じたトポロジーがデザイン案として考えられている<sup>38</sup>。最大 9 機体が同時に待機できる離着陸場を考えると、凡そ 72m x63m 四方の面積になる。日本では、人が集まる都会において複数機運用できる建築物はあまり多くない。主要なターミナル駅の屋上などが候補と考えられるが、その場合でも最大 3 機程度しか駐機できないだろう。一方で地方

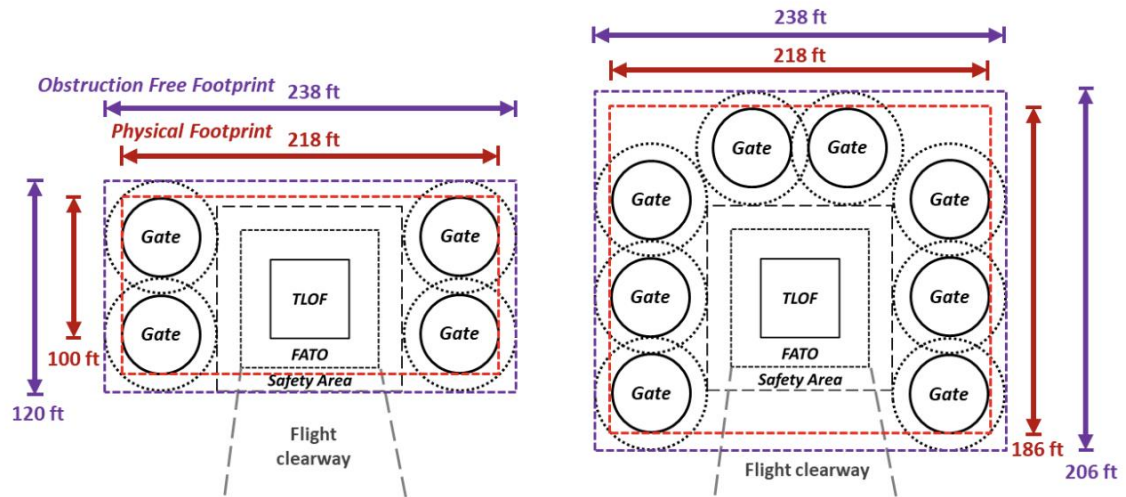
<sup>36</sup> Parker Vascik, "Systems Analysis of Urban Air Mobility Operational Scaling", PhD Dissertation, MIT, 2020

<sup>37</sup> 現行法では離着陸場は 2 機以上同時使用できない。理由は、現行の離着陸場は離着陸をする場所であるので複数機の同時使用ができない (航空法施行規則 189 条) ためである。よって 2 機目が飛来するときは駐機中の機体は離陸して退避しなくてはならないという運営になっている。もし将来的にルール改正されれば、広いスペースがあるビル屋上で緊急離着陸場等のスペースを拡張し、複数機の同時利用ができるようになる可能性は考えられる。ただし、空飛ぶクルマ研究ラボの調査によると、既存の緊急離着陸場があるビルには、拡張するスペースが存在していない。

<sup>38</sup> 機体メーカーである Lilium や Volocopter は Vertiport のイメージ図を発表しているが、いずれも土地の広さや機材数に応じて拡張が可能なモジュール方式となっている。

では、駐車場、コンビニ、ガソリンスタンドなど既存インフラを改造して活用することも考えられる。これはインフラ整備コストを下げ、空飛ぶクルマを導入・利用しやすくするという観点からもメリットがある。このようにインフラ整備は都心と地方で異なる部分や、また日本特有の部分が出てくることが考えられる。

図表 5.4 複数機を想定した場合の離着陸場イメージ<sup>39</sup>



Small footprint satellite topology      Increased gate to TLOF pad ratio satellite topology

## ② 管制

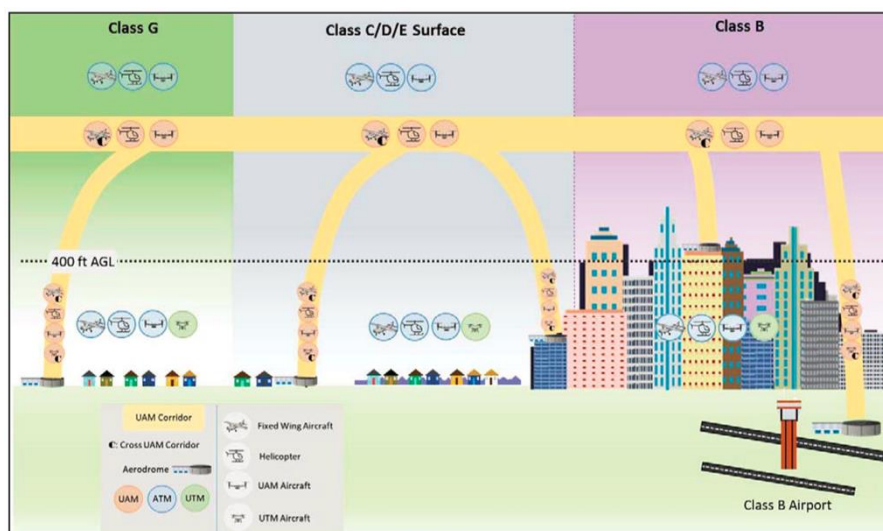
空飛ぶクルマの安全かつ効率的な運航を実現するために、空飛ぶクルマの交通システムを構築する必要がある。日本の空は空域を分離することで空の安全性を実現しており、空飛ぶクルマにおいてもどの空域を飛行するかを明確にすることが求められる。現在空の交通システムは、平時は航空管制官の指示に基づく航空交通管理システム（ATM：Air Traffic Management）が日本の領空における飛行機やヘリの運航を管理している。また、ドローン社会の実現を目指し 150m 以下の低空域を飛行するドローン向けの運航管理システム（UTM：Unmanned Aerial System (UAS) Traffic Management）の研究開発も国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構（JAXA）や新エネルギー・産業総合開発機構（NEDO）を中心に進められている。空飛ぶクルマの空域は、現時点で決まったものはないが、150m 以上 1,000m 以下になると考えられている。

空飛ぶクルマの空域を管理するシステムとして、FAA が 2020 年 6 月に発表したのが、図表 5.5 のコリドー方式を用いる UAM Traffic Management（運航管理）である。このシステムでは、空飛ぶクルマが都市の上を自由に飛び回るのを許可するのではなく、空飛ぶクルマ

<sup>39</sup> Parker Vascik, “Systems Analysis of Urban Air Mobility Operational Scaling”, PhD Dissertation, MIT, 2020

マ向けの専用の道である「コリドー」を設定して、このコリドーのみの飛行を認めるというものだ。コリドーは地上で言うところの幹線道路のような役割を果たす。UAM Traffic Management は、コリドーを飛行する機体の状況を常に監視するとともに、リアルタイムで必要な航空交通情報を運航者に提供・調整しながら、交通管理を行う<sup>40</sup>。

図表 5.5 FAA によるコリドーの概念<sup>41</sup>



このコリドーのような空飛ぶクルマ専用の交通システムを構築する必要があるかは、ユースケースおよび想定される運航密度次第である。空港から離着陸場までの 2 地点を 1 時間に数回運航する程度の運航密度を前提にした場合、既に存在する ATM もしくはこれから構築される UTM を拡張することで対応可能と考えられる。社会実装の初期段階においては、多くのユースケースにおいて低密度での運航が想定され、出来る限り既存の航空管制システムを活用することが、コストやオペレーションの容易さといった観点からも望ましいだろう。

一方、都市部のエアタクシーで高密度な運航が行われるケースを前提にすると、先に述べたコリドーの構築など空飛ぶクルマ専用の運航システムが必要となる可能性がある。この時、既存の空の交通システムとの情報共有や統合が問題となる。また、管制当局側からの視点では、人の目で全て管制するのは困難であり、より自動化・無人化されたシステムの構築が求められるだろう。

空飛ぶクルマ向けの交通システム構築に関する議論は、世界的に見てもまだ始まった

<sup>40</sup> FAA のコンセプトでは、空飛ぶクルマに加え、ヘリなど同一のコリドー内を飛行する構想となっている。

<sup>41</sup> Steve Bradford, “Concept of Operations”, Federal Aviation Administration, Vol.1, June 26<sup>th</sup> 2020, <[https://assets.evtol.com/wp-content/uploads/2020/07/UAM\\_ConOps\\_v1.0.pdf](https://assets.evtol.com/wp-content/uploads/2020/07/UAM_ConOps_v1.0.pdf)> (2021 年 3 月 22 日閲覧)。なお、図表 5.5 中の Class は FAA による空域区分を表す。コリドー内を飛行する限り Class は関係なく、コリドーから外れた場合にそれぞれの Class 毎に規定されるルールに従わなければならない。



ばかりである。日本としては、国内のユースケースを踏まえてどういったシステムが現時点および将来時点で求められるかを検証しながら、海外の動きをフォローし、国際標準化の動きにも参加していく必要があるだろう。後者については、将来的に日本発のシステムを海外に輸出するという観点からも重要となる。

### ③ 通信

大型旅客機にはアビオニクス（通信機器）が搭載されており、離着陸時や飛行中に航空管制、地上基地局、人工衛星などと位置情報や気象情報に関する情報通信を常に行うことで、安全且つ効率的な飛行を行っている。また、標準装備として航空機衝突防止装置（ACAS：Airborne Collision Avoidance System）が機体に搭載されており、機体同士が位置情報を交信し、衝突を避けられるシステムとなっている。

空飛ぶクルマにおいても衛星、地上局や他機体などとデータの送受信をリアルタイム且つ高精度に行う必要がある。地上局や衛星との通信は、計器飛行の実現という観点からも重要である。航空機の飛行方式には、有視界飛行方式（以下、「VFR」）と計器飛行方式（以下、「IFR」）が存在するが、前者は提出した飛行計画に基づきパイロットが目視で飛行するものである。したがって、視界が良好な日は飛行に問題ないが、雲などが出て基準以下の視程になると飛行ができなくなってしまう。ヘリはVFRで飛行するが、これがヘリの運航率を押し下げる要因となっている。一方IFRは計器により飛行することから、天候に左右されることなく飛行可能である。空飛ぶクルマにおいてはこのIFRを実現することが事業性確保という意味で非常に重要である。ただし、IFR実現のためには、機体側への各種センサーの搭載や離着陸場や経路上の通信設備の整備が必要になり、機体価格の上昇やインフラコストの増加に繋がるデメリットも存在する。

図表 5.6 は現時点で空飛ぶクルマ（パイロット有り）を飛行させる場合の機体側・地上側に求められる通信装置・設備の要件である。ユースケースに応じて大きくは変わらないものと考えられる。あくまでパイロット有りを前提としたものであり、将来的に完全自動化および高密度化を実現するには、飛行のための制御技術、出発地点から到着地点へのナビゲーション技術を補完するような情報、管制システムや人工衛星などから得られる運航のために必要な情報を、高い信頼性を持ってやり取り出来るような通信システムなど新たな仕組みが求められるだろう<sup>42</sup>。

---

<sup>42</sup> European Helicopter Safety Team, European Aviation Safety Agency, “Automation and Flight Path Management”, September 2018, <[https://www.easa.europa.eu/sites/default/files/dfu/198961\\_EASA\\_EHEST\\_HE9.pdf](https://www.easa.europa.eu/sites/default/files/dfu/198961_EASA_EHEST_HE9.pdf)> (2021年3月22日閲覧)。

図表 5.6 空飛ぶクルマに搭載される通信装置・設備の要件

必要事項	要件
航空無線	VHF (118 – 136 MHz)
ACAS	UHF (1060 – 1080 MHz)
気象情報	出発・到着地のリアルタイムの風向風速気流（※ビル風に留意が必要）、エンルート上の乱流、出発地～エンルート～到着地の雲量、雲高、雲形、雷など
位置情報	衛星通信 (GNSS/GPS)
その他	<ul style="list-style-type: none"> <li>・地上から着陸支援をする場合、LTE/4G/5Gの移動体通信を使い、画像処理情報などの機体が持つ情報を共有。</li> <li>・無数のドローンや空飛ぶクルマが同時に飛行する場合、周波数が枯渇する可能性がある。</li> </ul>

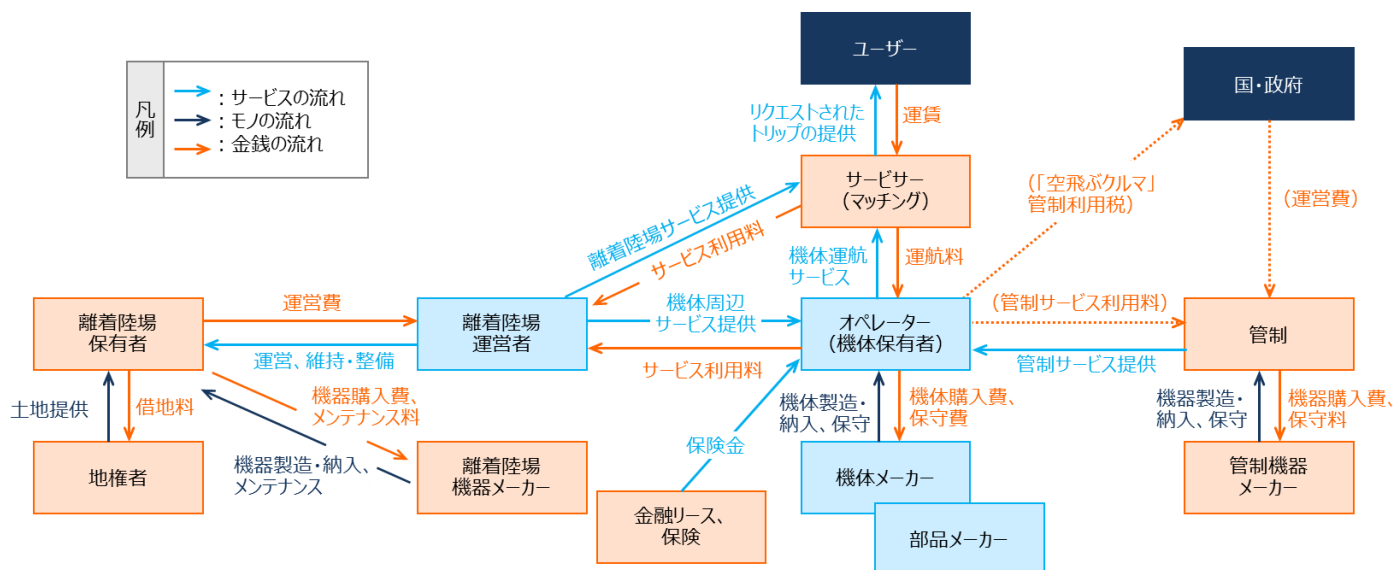
## 6. 空飛ぶクルマの事業性

ここまで空飛ぶクルマのユースケースを作成するにあたり検討すべきポイントについて述べてきたが、社会に実装していく上では、その事業の経済性の確保が必要となる。どんなに便利な移動手段であっても、十分な需要がなくビジネスとして成立しないのであれば、長期的に世の中で提供されていくことは困難であろう。本章では空飛ぶクルマ産業の全体像を概観すると共に、その中で最も重要な運航事業とその事業性、そして担い手となり得る事業者について考察する。

### ① 空飛ぶクルマ産業の概観

空飛ぶクルマに関するサービスアーキテクチャは図表 6.1 のように整理される。空飛ぶクルマ産業は、機体メーカー、部品メーカー、運航会社、管制機器メーカー、離着陸場の運営会社、建設会社、機器メーカー、不動産会社、サービスマッチング会社、金融リース・保険の会社など様々な業種に波及する大きな産業であると言える。

図表 6.1 空飛ぶクルマのサービスアーキテクチャ<sup>43</sup>



### ② ニセコ二次交通を事例とした運航事業の事業性に関する考察

空飛ぶクルマ産業の中心に位置づけられるのは運航会社である。運航会社は機体メーカーあるいはリース会社から機体を購入あるいは借用して、サービスやユーザーから運航料を受け取る。また、運航に際しては、離着陸場運営者や管制あるいは金融・保険会社に支払いをする。したがって、空飛ぶクルマ産業が成立するには、運航会社の事業性がまず成立しなければならない。運航会社の事業性を知るには、需要と運賃予想から売上げを算出す

<sup>43</sup>中野冠監修、空飛ぶクルマ研究ラボ著（2019），“空飛ぶクルマのしくみ”，日刊工業新聞社

るとともに、運航コストを推計する必要がある。

空飛ぶクルマ研究ラボが行ったニセコ二次交通のユースケースを踏まえた運航事業の事業性について考察する。北海道ニセコ町では近年冬期を中心に外国人富裕層の観光客が急増しており、日本随一の高級リゾートエリアとなっている。空飛ぶクルマ研究ラボが行った現地ホテル事業者へのヒアリング調査により、新千歳空港からニセコエリアまでの片道移動で、天候に関わらず飛べるのであれば、40万円程度（現在ヘリを使った移動サービスが3名搭乗・片道80万円で提供されている）の運賃で空飛ぶクルマを利用したいとのニーズがあることがわかっている。新千歳空港ーニセコ間の飛行距離は100-140km程度であることから、有翼タイプを用いることを想定する。

年間売上は式(6.1)で算出される。 $D$ は年間稼働日数、 $d$ は1ファミリーあたりの平均滞在日数、 $n$ は部屋数、 $rh$ はホテル稼働率、 $nh$ はホテル数、 $nv$ は空飛ぶクルマの台数、 $ru$ は空飛ぶクルマの利用率である。利用率は宿泊ファミリーの何%が空飛ぶクルマに乗るかの確率と定義され、運航率 $rf$ と運賃 $p$ により決まるものとする。

$$Sales = \frac{D}{d} n \cdot rh \cdot nh \cdot nv \cdot f(rf, p) \cdot rf \cdot p \quad (6.1)$$

年間売上計算にあたっての前提は以下の通りである。

- 最も大きな需要が期待される冬期4ヶ月間(120日)の稼働とする。
- ニセコエリアの高級リゾート6ホテルで利用されることを想定する。
- 各ホテルの部屋数は100室、稼働率95%で、1部屋につき4-5名のファミリーが1週間滞在するものとする。
- 4人乗り(乗客3人+パイロット1名+荷物)の機体が、直線距離約100-140kmを飛行時間16-22分で片道移動するものとする。
- 利用率はニセコ高級ホテルへのヒアリングに基づき、運航率と運賃に応じて変動するものとし、図表6.2のマトリックスで表す。マトリックスによると、例えば空飛ぶクルマが運航率95%(旅客機と同等)、運賃40万円(ヘリの半額程度)の場合、「ホテルX」宿泊ファミリーの30%が利用すると考えられる。また運賃が5万円まで下がれば、利用率は80%まで高まる。一方、運航率が60%と低い場合、運賃5万円(地上タクシーの1.5倍程度)であっても、利用は「ホテルX」宿泊ファミリーの30%にとどまる。

図表 6.2 ニセコ二次交通ユースケースの利用率（想定）

		気象に制約されず、 飛びたいときに飛べる可能性（旅客機と同等）		
		低め		高め
運航率 運賃/機		60%	80%	95%
40万円		10%	20%	30%
20万円		20%	30%	40%
5万円		30%	40%	80%

このマトリックスを踏まえ、売上を計算すると図表 6.3 の通りとなる。例えば 1 トリップの運賃 40 万円、運航率 95%、利用率 30% の場合の売上高は 4 ヶ月間合計で 23 億 4 千万円と計算される。

図表 6.3 ニセコ二次交通ユースケースの売上高

		気象に制約されず、 飛びたいときに飛べる可能性（旅客機と同等）		
		低め		高め
運航率 運賃/機		60%	80%	95%
40万円		4億9千万円	13億1千万円	23億4千万円
20万円		4億9千万円	9億9千万円	15億6千万円
5万円		1億8千万円	3億3千万円	7億8千万円

続いて本ユースケースにおける直接運航コスト<sup>44</sup>を算出する。空飛ぶクルマ研究ラボが NASA の Direct Operating Cost + Interest Cost モデル<sup>45</sup>を使用して行った試算に基づくと、直接運航コストは 1 回の飛行あたり約 11.5 万円と計算される。その他、機体の購入に伴う資本経費<sup>46</sup>や間接運用経費などが生じるため、一定の採算性を実現するためには 10 万円台後半～20 万円の運賃設定が最低でも必要という結果になる。なお、利用率に応じて収益の大きさは変わるが、20 万円以上の運賃ではいずれの利用率においても黒字を確保できていた。

<sup>44</sup> 直接運航コストは、パイロットの人的費、保険コスト、メンテナンスコスト、メンテナンスの材料コスト、バッテリー交換コスト、エネルギーコスト、利子コストから構成される。パイロットの人的費とメンテナンスコストが最も大きなコスト項目となっている。

<sup>45</sup> Liebeck, R.H., et al, "Advanced subsonic airplane design and economic studies", NASA CR-195443, April 1995

<sup>46</sup> ヘリの法定耐用年数（5 年）を採用して計算すると、有翼タイプの機体価格を 5 億円とした場合、年間の償却費は 1 億円となる。なお、マルチコプターはその 10 分の 1 程度の金額。

これを踏まえると、ニセコ二次交通のユースケースではヘリの 1/4 程度の運賃設定であれば、収益のあるビジネスとして成立する可能性があると考えられる。ただし、ニセコは寒冷地で、山岳もあることから厳しい気象条件となるだろう。悪気象条件でも一定の運航率を確保できるような機体とインフラ側での対応が本ユースケース実現には求められる。

ニセコのように外国人の富裕層が多く利用することが想定される事例は日本国内において稀であるが、京都や IR（特定複合観光施設：統合型リゾート）施設などでは 1 トリップ 20 万円程度の運賃設定であっても乗客は十分に存在すると考えられる。一方、空飛ぶクルマ研究ラボの調査によると、その他多くのユースケースで大衆に搭乗してもらうには、1 トリップ 1 万円程度の運賃とする必要があることが分かっている。現時点でこの運賃を実現するのは、特に需要の小さい地方においては困難であろう。そもそも馬車や自動車など過去のモビリティも、当初は富裕層向けの乗り物として登場し、徐々に大衆化が進んでいったという歴史がある。空飛ぶクルマも 2030 年代頃からの実現が予想される完全自動化や普及に伴う量産効果により、時間を掛けて運航コストや所有コストの削減が進み、大衆化に向かっていくものと考えられる。ただし、現時点においても、事業としての規模を大きくし、スケールメリットを働かせることで 1 機あたりのコストを押し下げることや、複数用途に機体を活用することで運航回数や運航率を高めるといったビジネス面での工夫をすることで、一定程度採算性を改善し、運賃を引き下げることが可能であると推察される。

また、このように採算性確保が困難な実装初期段階においては、地方自治体による補助金などの支援が重要となるだろう。財政の厳しい我が国において空飛ぶクルマに対してどこまでの予算を投じるかは議論の余地があり、自治体としては中長期的な視点で空飛ぶクルマの導入により得られる経済的および社会的便益を検証し、他のモビリティと比較した上で明確な優位性があるのであれば、地域内での導入を後押しする施策を積極的に展開していくことが考えられる。

### ③ 運航事業の担い手に関する考察

空飛ぶクルマの運航サービスは誰が提供する可能性があるのだろうか。空飛ぶクルマ研究ラボが北海道から沖縄まで複数のユースケースについてヒアリング調査を行った結果、ユースケースによってエアライン、ヘリ運航会社、タクシー会社、フェリー運航会社、海外富裕層向けにハイヤーのようなリムジンバスを運行しているバス会社などが運航者の候補となると考えられる。また、海外では機体メーカー自らが運航事業を担う構想があり、日本でも同様の展開が起こる可能性があるだろう<sup>47</sup>。

都市部のエアタクシーや空港で離着陸する二次交通などのユースケースでは、エアラ

<sup>47</sup> 航空機やヘリの機体製造ビジネスは、機体販売に加えて修理・修繕などのアフターマーケットでも収益を上げるビジネスモデルとなっている。一方で、空飛ぶクルマのセールスポイントのひとつは電動推進システムによるメンテナンスコストの低減にあり、アフターマーケットから利益を確保することが困難である。そのため、海外機体メーカーはオペレーションビジネスに進出することで、トータルでの利益創出を図ろうとしていると考えられる。

インに強みがある。エアラインは、空港へ乗り入れていることから、旅客機とのシームレスな接続を設計しやすい。また、航空旅客輸送の豊富な経験を持ち、組織として安全性向上に長年取り組んで来た実績や世間からのイメージも強みだろう。

地方での活用には、エアライン以外の事業者にも参入の余地がある。特にヘリ運航会社はこれまで個人の移動ニーズの掘り起こしに苦心してきたが、空飛ぶクルマという新しいモビリティを用いることで、従来ヘリではアプローチできなかった顧客に新たな移動を提供する事業チャンスを得ることができる。ヘリ運航会社は、空飛ぶクルマと類似したヘリ事業で豊富な事業・運用経験を有し、ヘリのコスト構造を熟知している強みもある。

更に、運航の完全自動操縦が実現した場合、管制のように遠隔で行われることになるため、管制・運航管理システムを開発する事業者にも参入余地がある。ITベンダーや通信事業者などエアラインとは別の強みを持つ事業者の関与が考えられるだろう。エアラインを中心として、適切な役割分担とリスクシェアのもとに複数の事業者がジョイントベンチャーのような形で協調して運航事業に取り組んでいくという道もあり得るのではないだろうか。

このように空飛ぶクルマの運航や運航管理サービスには多様な事業者の参入が考えられ、都市部と地方、更にはユースケースに応じて事業を担うプレーヤーは異なってくると予想される。市場規模にもよるが寡占ではなく、複数の事業者がそれぞれの強みを活かして参入し、適切な競争環境が成立することが望ましい。また本報告書では論じていないが、運航事業以外の事業でどの程度の収益をあげることができるかも今後十分な検証が求められる。各地域・各ユースケースにおいて運航事業者を中心としたエコシステムが形成されていくことが理想である。

## 7. おわりに

私たちは自動車、鉄道、飛行機など様々なモビリティを日々利用し、社会活動を営んでいる。これらのモビリティは私たちの生活に深く溶け込んでおり、存在しない世界をイメージすることすら難しい。今では気軽に利用できるこれらのモビリティだが、決してスムーズに世の中に普及していった訳ではない。例えば、自動車が初めて登場したのは1769年だが、爆発的に普及し大衆化したのは1908年にT型フォードが発売されて以降のことである。その過程では、馬車産業の既得権益を守るため、自動車を走行させる時には赤い旗を振って歩行者に警告しなければならないという英国・赤旗法のような規制も存在していた。世界各地で普及した後も、モビリティ自体はもちろんのこと、安全且つ効率的な運用を支えるインフラやシステム面でも、多くの技術革新が起こり、今現代の姿に至っている。

空飛ぶクルマは100年振りに登場する新たなモビリティであり、空の移動を多くの人々により身近にする存在として大きな注目が寄せられている。まだ登場したばかりの新しいモビリティであるため、普及に向けて多くの課題が存在するのは事実である。機体開発はもちろんのこと、バッテリーやモーターをはじめとする要素技術の性能向上、離着陸場や管制などのインフラ構築、機体認証や運航ルールに関する法整備など、課題を挙げれば枚挙にいとまがない。しかしながら、点から点への3次元の自由な移動という空飛ぶクルマが持つ大きな可能性に世界各地の多くの人々が魅了され、公的機関や民間企業から多額の投資資金や助成金、また航空機や自動車など様々な産業から多様な人材がこの分野に集まっていることを踏まえれば、過去のモビリティと同じことが空飛ぶクルマで実現できないということは決してないだろう。

本報告書で繰り返し述べてきた通り、空飛ぶクルマの実装を考える上では、一つのシステムとして複数の要素を包括的に検討する「システムデザイン」のアプローチが有効である。そしてこのアプローチではまずユースケースを考えることが始点となる。日本では都市部だけでなく、地方での利活用が重要であり、欧米を中心として機体開発が加速度的に進む中、地方におけるユースケースの検討を早い段階で始めることが、日本における空飛ぶクルマの早期実用化に繋がるだろう。この時、空飛ぶクルマの利便性や可能性だけでなく、潜在需要や運賃などを推計し、運航事業の事業性に焦点を当てて検証することも重要である。収益の上がるビジネスとして成り立つからこそ、多くの関連するサービスに経済効果が波及し、広がりのある産業として成長することが可能となる。

実際にユースケースを構築し、課題を抽出するにあたっては、まずは運航事業に関心を持つ事業者を見つける必要がある。そして、運航事業者を中心に空港運営事業者、離着陸場関連の事業者、通信事業者など様々なプレーヤーが集まり、一つのコンソーシアムを形成し、具体的な議論を進めていくことが望ましい。本報告書をきっかけとして、日本国内の様々な地域や様々なユースケースでこのような動きが広がっていくことを強く願っている。



## 執筆者紹介

慶應義塾大学システムデザイン・マネジメント研究科  
空飛ぶクルマ研究ラボ

中野 冠 (なかの・まさる)  
慶應義塾大学システムデザイン・マネジメント研究科 教授

中本 亜紀 (なかもと・あき)  
慶應義塾大学システムデザイン・マネジメント研究科 特任助教

三原 裕介 (みはら・ゆうすけ)  
慶應義塾大学システムデザイン・マネジメント研究科 研究奨励助教

### 株式会社日本政策投資銀行

川崎 大輔 (かわさき・だいすけ)  
企業金融第2部 航空宇宙室長

岩本 学 (いわもと・まなぶ)  
企業金融第2部 航空宇宙室 調査役

佐無田 啓 (さむた・ひろむ)  
産業調査部産業調査ソリューション室 調査役