

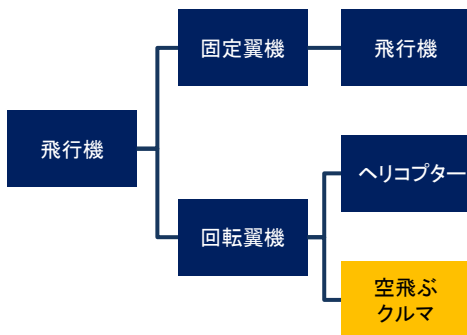
社会実装に向けて離陸する新たなモビリティ「空飛ぶクルマ」

～日本社会にもたらす変化と可能性～

1. 新たなモビリティ「空飛ぶクルマ」の登場

- 人類史上、自動車、鉄道、飛行機といったモビリティの誕生は、社会や産業構造を一変させてきた。「空飛ぶクルマ」もまた、短・中距離の日常的な空の移動を提供する新しいモビリティとして、社会全体を大きく変化させる力を持っており、様々な社会課題を抱える日本にとってその導入意義は大きいと考えられる。
- 空飛ぶクルマという地上を走行し、空も飛べる「自動車」がイメージされるが、世界的には「eVTOL (electric Vertical Take-off and Landing: 電動垂直離着陸機)」と呼ばれ、「航空機」に分類される。現在世界各地の企業が様々なコンセプトで開発を進めているが、大きくは複数のローターで飛行するマルチコプタータイプと固定翼とローターの双方を持ち合わせた固定翼付きタイプの2つに分けられる。固定翼付きタイプはより従来の航空機に近いが、マルチコプタータイプは人を乗せるドローンのイメージである(図表1-1)。
- 空飛ぶクルマの特徴は、垂直離着機能、電動化、自動化の3点である(図表1-2)。移動という側面から見て重要なのは垂直離着機能であり、既存モビリティのなかではヘリも同様の機能を有するものの、日々の暮らしで多くの人が広く利用する移動手段とは言い難い。それに対して空飛ぶクルマは、電動化と自動化という特徴を備えることにより、機体・運航価格や操作性などの観点から、空の移動を生活に溶け込んだ身近な移動手段として提供できる可能性を有し、世界的に大きな注目を集めている(図表1-3)。

図表1-1 航空法上の分類



図表1-2 空飛ぶクルマ3つの特徴

①垂直離着陸機能	②揚力・推力の電動化*	③操縦の自動化
<input type="checkbox"/> 滑走路を必要としない <input type="checkbox"/> 道路や橋といった既存の交通インフラの影響を受けない <input type="checkbox"/> 点から点への移動	<input type="checkbox"/> 騒音削減 <input type="checkbox"/> 構造の簡素化による購入費・整備負担軽減 <input type="checkbox"/> 燃費向上 <input type="checkbox"/> 環境負荷低 *フル電動だけでなく、内燃機関とのハイブリッドも開発されている	<input type="checkbox"/> パイロットレスによる運航コスト低減 <input type="checkbox"/> ヒューマンエラーを排除し安全性向上

(備考)日本政策投資銀行作成

(備考)日本政策投資銀行作成

図表1-3 空飛ぶクルマとヘリコプターの違い

	機能面			事業面			
	航続距離	飛行速度	ペイロード・乗客数	機体価格	運航価格	稼働率	
小型ヘリコプター	500km以上	200km以上	1~4t 2~10名	数億円~	ジェット燃料を使用し、またパイロットの人員費も必要	目視飛行、騒音緩和のための高高度飛行により天候の影響を受けやすい	
空飛ぶクルマ	マルチコプター	30~35km	100~130km	150~200kg 1~2人	数千万円~	電動化・自動化によりヘリの5分の1程度、タクシー料金並になる可能性あり	計器飛行が可能、騒音性もヘリに勝り低高度での飛行ができるため、一定の稼働率実現が可能
	固定翼付	100~300km	100~300km	300~400kg 4~5人	数億円~		

(備考)各種公表情報などにより日本政策投資銀行作成

2. 空飛ぶクルマの活用方法と社会的インパクト

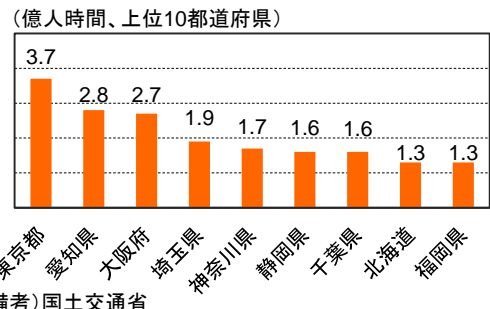
- 空飛ぶクルマはどのような場面で活用される可能性があるのだろうか。空飛ぶクルマは海外では「UAM (Urban Air Mobility: 都市型航空交通)」や「Air Taxi」とも呼ばれ、その名が示す通り、人口が密集した都市部においてバスやタクシーのように利用されることが想定されている(図表2-1)。背景には、海外の多くの大都市で交通渋滞が深刻な社会問題となっていることが挙げられる。日本においては、鉄道や道路などの公共交通手段が高い水準で整備されており渋滞は海外ほど深刻な問題ではないが、海外同様に都市部を中心として渋滞によって多くの時間が失われている(図表2-2)。日本全体では渋滞損失時間は年間約50億人時間にのぼり、これは約280万人分の労働力に匹敵する。都市部における空飛ぶクルマの社会実装は、渋滞により生じる社会コストの削減につながることに加え、既存のモビリティに組み合わせることで更に効率的な移動を可能とし、社会全体の生産性の向上に寄与するものと考えられる。
- 空飛ぶクルマがもたらす新たな移動の可能性は都市部だけに留まらない。日本においては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、持続可能な交通手段の構築や観光産業などの地域経済活性化などに資する空飛ぶクルマが果たす役割は大きいと考えられる(図表2-3)。
- また、先の未来だが、空飛ぶクルマの性能向上や低コスト化が進み、個人所有可能なパーソナルモビリティとなった場合、郊外に居住して都市圏に空飛ぶクルマで通勤するといったライフスタイルも選択可能となり、都市圏の定義が拡大する可能性もある。この場合、人々の価値観や都市の在り方まで変化させる極めて大きな社会インパクトをもたらすこととなる。

図表2-1 都市部における空飛ぶクルマ活用のイメージ



(備考)経済産業省

図表2-2 都道府県別の渋滞損失時間



図表2-3 地方における貢献と社会課題解決の可能性



(備考)日本政策投資銀行作成(画像は経済産業省)

3. 空飛ぶクルマ開発史と開発活発化の背景

- 空飛ぶクルマの開発はベンチャー企業を中心に始まり、2016年にUberが空のライドシェアサービス「Uber Air」の事業構想をまとめた「Uber Elevate White Paper」を発表したことを契機に、Boeing、Bell、Embraerといった航空機・ヘリ業界の大手企業が次々に新規参入し、現在では世界各地で様々なプレーヤーが開発競争を繰り広げている(図表3-1)。足元ではトヨタ自動車や現代自動車などの自動車メーカーが本格的な参入を宣言し、またエアライン業界からも日本航空が開発メーカーの出資に乗り出すなど、空飛ぶクルマの開発は、機体の初期開発段階から、実用化や量産といった次の段階に向けて順調に進んでいるものと考えられる。
- 空飛ぶクルマの開発が活発化した背景としては、Uberによるビジネスモデルの提示やベンチャーキャピタルを中心とした投資資金の流入などの環境的要因に加え、2010年代に急速に進展したドローンの自動制御や遠隔操作技術と自動車産業で開発が進む自動化技術、バッテリーやモーター・インバーターなどのパワーエレクトロニクスを組み合わせることで、技術的に実現可能となったことが大きい(図表3-2)。空の技術と陸の技術が融合した技術領域であることが、多くの業界プレーヤーから関心が集まっている要因と考えられる。

図表3-1 空飛ぶクルマ開発史

暦年	2010-2015	2016	2017	2018-2019	2020
業界全体の動き	<ul style="list-style-type: none"> 2010年にトイドローンが発売 空飛ぶクルマの製造・開発を行う複数のベンチャー企業が誕生 	<ul style="list-style-type: none"> UberがWhite Paperを発表 →これを契機に機体の開発が活発化する 	<ul style="list-style-type: none"> 大手航空機やヘリ製造メーカーが参入 	<ul style="list-style-type: none"> 開発メーカー各社が機体を発表 無人・有人での実証実験が進む 	<ul style="list-style-type: none"> 自動車メーカーやエアラインが参入
ベンチャー	<ul style="list-style-type: none"> Joby, Kitty Hawk, Opener, Lilium, Volocopter, EHang, Cartivatorなどのベンチャー企業設立 			<ul style="list-style-type: none"> SkyDrive, teTra Aviation設立 	<ul style="list-style-type: none"> Archer Aviation設立
航空・ヘリ		<ul style="list-style-type: none"> Airbusが参入 	<ul style="list-style-type: none"> Boeing, Embraer, Bell Textron, Pipistrelなどが参入 	<ul style="list-style-type: none"> BoeingとKitty HawkがJV(Wisk)を設立 	<ul style="list-style-type: none"> JALがVolocopterに出資、Bellと提携
自動車		<ul style="list-style-type: none"> 吉利汽車がTerafugialに出資 	<ul style="list-style-type: none"> DaimlerがVolocopterに出資 	<ul style="list-style-type: none"> Aston Martin参入 PorscheとBoeingが提携 	<ul style="list-style-type: none"> トヨタ自動車がJobyに出資 現代自動車が参入

(備考)各種公表情報などにより日本政策投資銀行作成

図表3-2 空飛ぶクルマの開発が活発化した背景

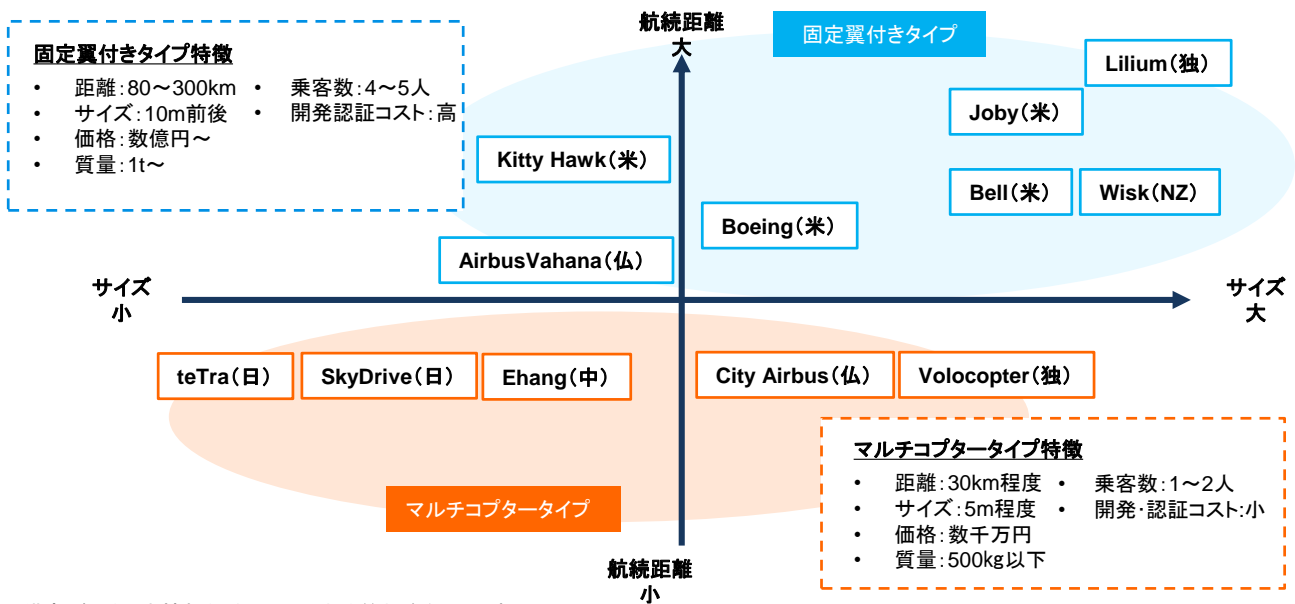
技術的背景	ドローン技術の発展	2010年のトイドローン発売以来、センサーによる自律制御や遠隔操作技術などが急速に発展・成熟。現時点で既に有人での飛行が技術的に可能な水準にある
	バッテリー・パワーエレクトロニクス技術の発展	自動車業界において電動車両の開発が進み、バッテリーやモーター・インバーターなどのパワーエレクトロニクス技術が著しく進化するとともにコスト削減も進展
	自動運転技術の発展	自動車業界を中心としてLiDARなどの自動運転技術が発展。空飛ぶクルマの無人化も将来的に実現できる見通し(障害物が少ない空から自動化が進む可能性もあり)
環境的背景	Uberによる事業構想の提示	Uberが2016年に空飛ぶタクシー構想「Uber Air」を発表し、空飛ぶクルマの運営がビジネスとして成立される可能性が初めて提示される。Uberの開発パートナーとして大手航空機・ヘリメーカーが参入
	多額の投資資金の流入	ベンチャーキャピタルに加え、自動車・航空機メーカーなどの事業会社が空飛ぶクルマへの投資を本格的に開始し、多額の資金が空飛ぶクルマ開発メーカーに流入

(備考)日本政策投資銀行作成

4. 空飛ぶクルマ機体マップ、主要開発メーカー

- 上述の通り開発が進められる機体のタイプはマルチコプタータイプと固定翼付きタイプに大別される(図表4-1)。マルチコプタータイプは短距離の飛行に適しており、コンパクトな機体サイズで部品点数が少ないことから開発・認証コストが少ないといった特徴がある。固定翼付きタイプは、飛行性能がマルチコプタータイプを大きく上回り、短距離だけでなく中距離での飛行にも活用でき、またより多くの人数を輸送することが可能である。更に、トラブル発生時に固定翼を用いて滑空できるため安全性に優れるという利点も有する。
- それぞれの機体で各事業者が有人・無人での実証実験を進めており、既に短時間・短距離の飛行は可能な水準にある(図表4-2)。社会実装は上述の通り開発・認証コストが少ないマルチコプターから先に進むものと考えられるが、最終的には両タイプの飛行性能や価格が大きく異なることから、使用ルートや需要量などに応じた使い分けが想定される。
- 日本において開発をリードするのは、多くの日系企業が支援する有志団体Cartivatorを母体として2018年に創業されたSkyDriveであり、2020年には有人でのデモ飛行に日本で初めて成功している。また、東大発のスタートアップであるteTra Aviationは、Boeingが主催するコンテストでディスラプター賞を獲得しており、今後開発が加速することが期待される。両社が開発を進めるのはマルチコプタータイプであり、国土が狭く山地や離島が多い日本に適していると考えられる。一方で、中距離移動を可能にする固定翼付きタイプも空飛ぶクルマに期待される社会課題の解決には必要な機体であり、同タイプの開発に参入する企業が今後現れることが望まれる。

図表4-1 空飛ぶクルマ機体マップ



(備考) 各種公表情報などにより日本政策投資銀行作成

図表4-2 マルチコプタータイプ・固定翼付きタイプ 世界の主要開発メーカー概要

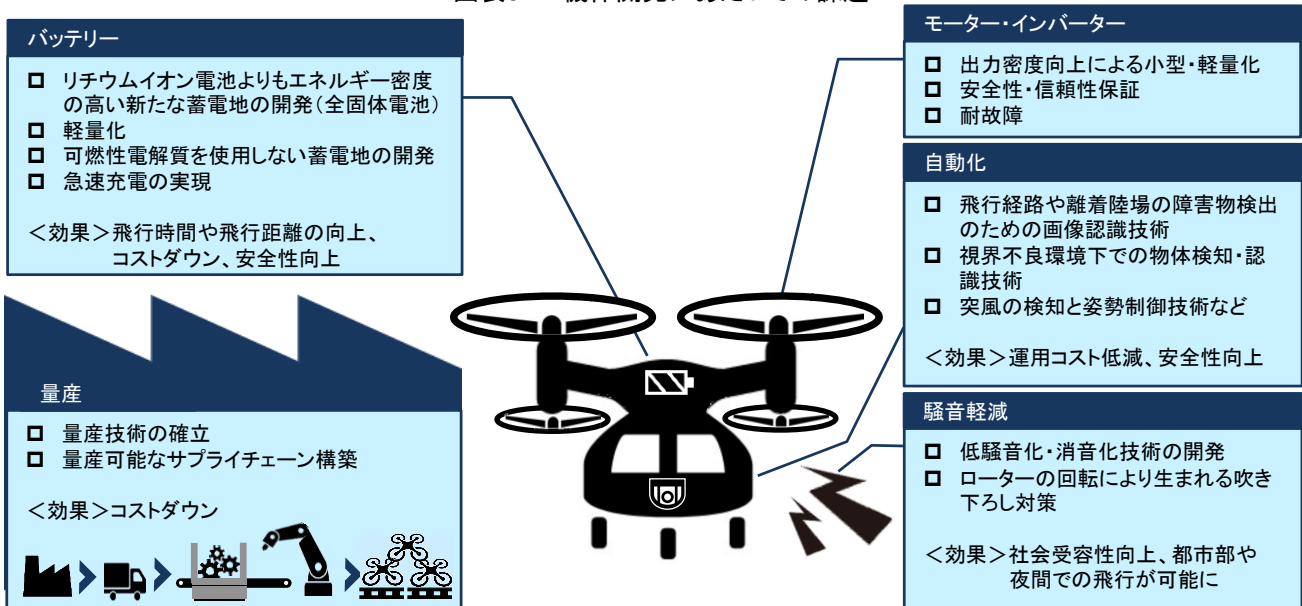
会社名	会社概要	会社名	会社概要
Volocopter	ドイツのベンチャー企業。マルチコプター開発における先駆者であり、将来的にエアタクシーサービスも提供する計画。2019年にシンガポールで有人飛行に成功	Joby	シリコンバレーに本社を置くベンチャー企業。2020年にトヨタから出資を受け、今後量産化などで協業する
EHang	ドローン大国である中国発祥のベンチャー企業(NASDAQ上場)。中国・米国・欧州の複数都市で有人飛行に成功。量産にも着手	Liliium	ドイツのベンチャー企業で、ダクト付き電動ファンを有する機体を開発。2019年5月に有人飛行に成功
SkyDrive	様々な日系企業が活動を支援する有志団体Cartivatorを母体として2018年に創業。2020年に日本で初めて有人飛行デモフライトに成功	Airbus Vahana	世界最大の航空機・ヘリメーカー。異なるコンセプトの機体を複数開発するほか、航空管制システムの構築なども行っている
teTra Aviation	東京大学発のベンチャー企業で一人乗りの空飛ぶクルマを開発。Boeingが主催する世界コンテストでディスラプター賞を授賞	Boeing	世界最大の航空機メーカーのひとつ。Uber, Kitty HawkやPorscheなど外部との連携に積極的
		Bell	大手ヘリメーカーで、複数の機体を開発。JAL、住友商事、ヤマトなど複数の日系企業と提携

(備考) 各種公表情報などにより日本政策投資銀行作成

5. 機体開発・社会実装に向けた課題

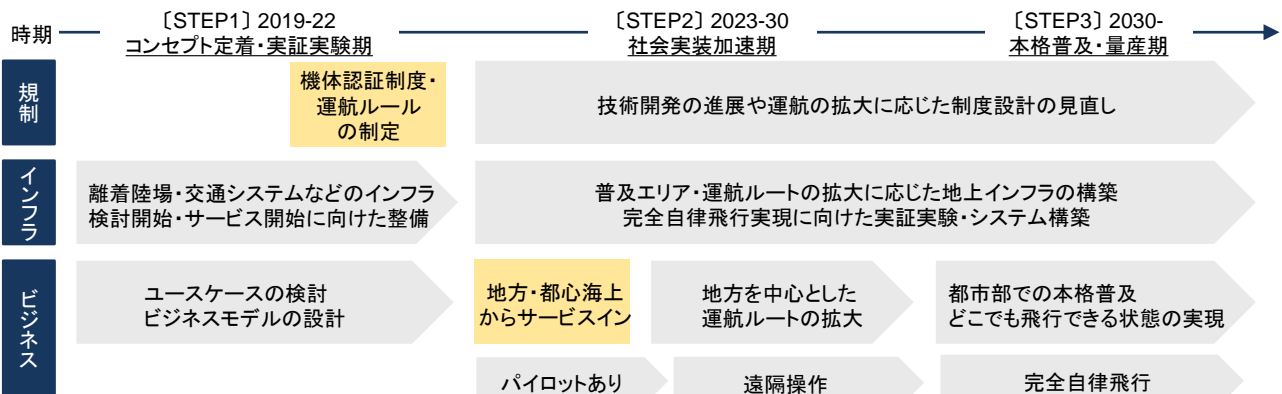
- 空飛ぶクルマの社会実装に向けては、乗り越えなければならない多くの課題が指摘されている。機体に関しては、前頁の通り技術的に飛行可能な水準にはあるものの、社会実装を実現するためには、更なる性能向上と事業化可能な水準までのコストダウンが必要である。特に、航続距離に影響するバッテリーや運用コスト低減に資する自動化技術を中心に技術革新が求められる(図表5-1)。
- 都市や地方の上空を多数の機体が同時に飛行し、サービスとして日常的に利用されるためには、更に多くの要件を満たす必要がある。例えば、空飛ぶクルマの機体としての安全性を証明する認証制度、離発着場や航空管制・通信といった地上のインフラ整備などが挙げられる。また、空飛ぶクルマが自身や自宅の上を飛ぶことを地域住民が受容できるか、利用者が安心してサービスを利用したいと思えるか、といった社会受容性を向上させていくことも、空飛ぶクルマが広く普及するにあたり重要な論点である。
- 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た。この方針に基づき、経済産業省と国土交通省の共催により「空の移動革命に向けた官民協議会」が発足し、2018年12月には社会実装に向けたロードマップが取りまとめられている。同ロードマップでは、2023年からの段階的な商用利用開始、2030年の本格導入がタイムラインとして設定されており、近い未来に日常の移動手段として空飛ぶクルマが利用される社会が到来することを示している(図表5-2)。UberのWhite Paperにおいてもほぼ同様のタイムラインが設定されており、本業界は世界全体でも2030年前後の本格利用を目標に開発が進められていると言えよう。

図表5-1 機体開発にあたっての課題



(備考) 日本政策投資銀行作成

図表5-2 社会実装に向けたロードマップ



(備考) 各種公表情報などにより日本政策投資銀行作成

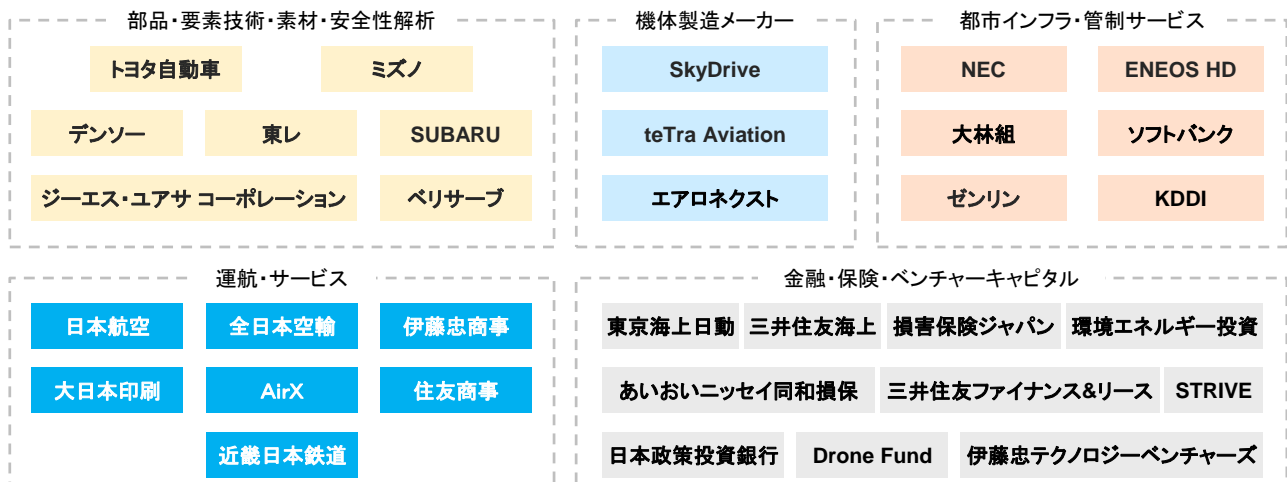
6. 新たな産業としての空飛ぶクルマ

- 社会実装に向けての課題が多いということは、事業化が困難であるという側面だけで語られがちだが、課題の多さは、それだけ産業としての広がり大きいということも意味している。歴史的に新しいモビリティの誕生はモビリティの製造そのものだけでなく、部品製造、運航サービス、インフラ整備・運用、リース、保険など付随する多くのビジネスを生み出してきた。空飛ぶクルマも機体・部品製造を中心として様々なビジネスが立ち上がり、波及力のある産業として発展していくことが期待される(図表6-1)。
- また、特筆すべきは、内需産業としてだけでなく、輸出産業として発展する可能性も有する点である。3次元で移動することの利便性は交通インフラが整備途上である新興国においても大きなインパクトを持つ。国内で先行的に産業育成を進めて事業運営のノウハウを蓄積できれば、機体や部品だけでなく、インフラ整備、サービスやシステムなどを日本から海外へ輸出していくことも期待できる。
- 様々な産業の日系企業が空飛ぶクルマの持つ可能性に注目し、活動を始めている(図表6-2)。自動車や航空機産業など、既にサプライチェーンやサービスが形成されて、成熟した業界への新規参入は容易ではないが、全くの新しい産業である空飛ぶクルマ業界であれば、様々な切り口で多くの参入余地が考えられる。世界的な競争を勝ち抜くことができる日本の産業クラスターを構築するためにも、今後より多くの日系企業が参入し、社会実装に向けて機体やサービスの開発を進めていくことが望まれる。

図表6-1 空飛ぶクルマ産業の広がり



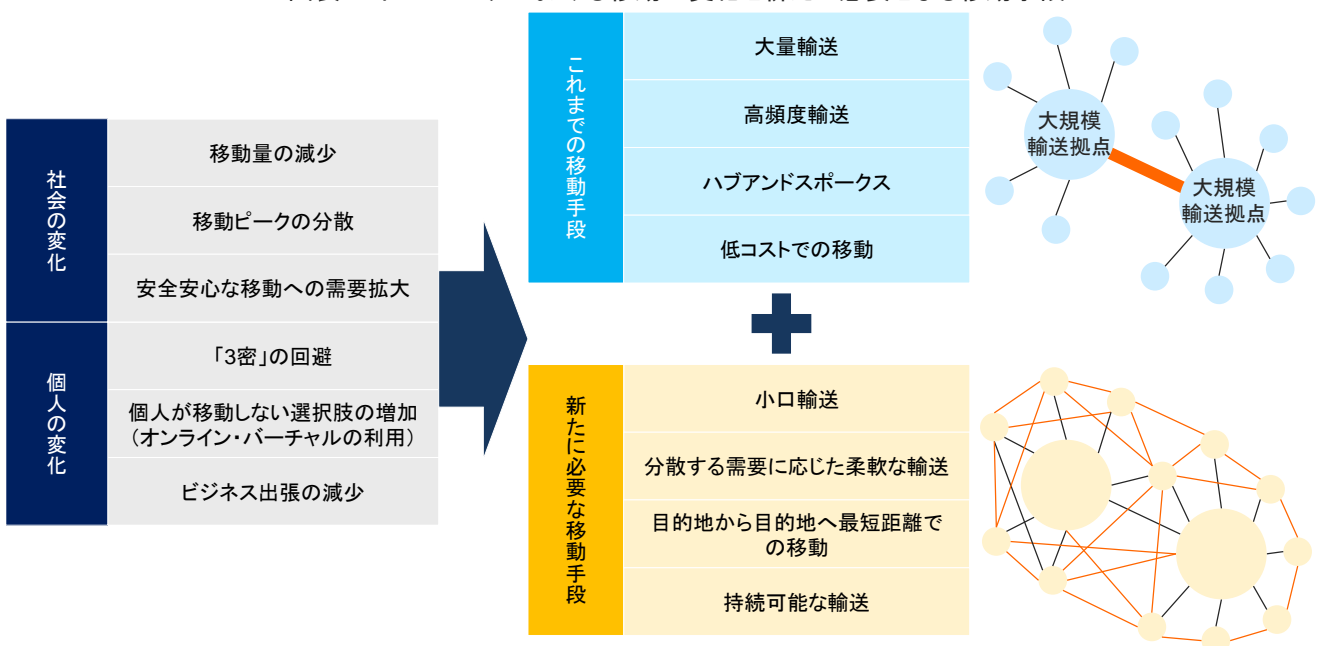
図表6-2 空飛ぶクルマ産業に関連する日系企業



7. まとめ

- 本稿では、空飛ぶクルマの特徴や開発動向を紹介するとともに、日本における活用可能性や産業としてのポテンシャル・課題について考察した。これまで述べた通り、日本の社会・経済において空飛ぶクルマが持つ可能性や実装意義は極めて大きい。実現に向けて様々な課題が存在するのは事実だが、これまで人類はその歴史のなかで自動車、飛行機、鉄道など様々なモビリティを開発し、社会実装を実現しており、同様のことが空飛ぶクルマでできないということは決してないだろう。
- また、空飛ぶクルマが提供する移動手段はポストコロナの時代において大きな役割を担う可能性が考えられる。これまでのモビリティやインフラは、いかに低コストでより多くのヒトやモノを輸送するかを前提に作られてきた。ポストコロナ時代では個人の移動に対する考え方が変わり、社会全体の移動も変化することが予想されるなか、従来のような大規模・高頻度輸送だけではない新たな輸送手段の確立が求められるのではないかと。近い将来有効なワクチンが開発されコロナウイルスの感染拡大が収束を迎えたとしても、世界的なパンデミックに対する備えの必要性は広く認識されたところであり、また人口減少と少子高齢化により移動需要の変化が避けられない日本において、新たな輸送手段はより一層必要になると考えられる。空飛ぶクルマが提供する移動はこのような社会ニーズにマッチしたものであり、今後社会実装に向けた議論がより活発化していくことが期待される(図表7)。
- 「空飛ぶクルマが、ポストコロナ時代の新たなモビリティとして我が国において世界に先駆け社会実装され、今後変革が予想される他のモビリティとも連携しながら、都市と地方がそれぞれ抱える社会課題を解決し、また同時に新たな輸出産業として経済成長を牽引する」、このような未来を実現するために、1社でも多くの日本企業がこの分野に参入し、様々な企業とパートナーシップを組み合わせながら、空飛ぶクルマ産業がひとつの産業として発展していくことが重要である。また、世界的な競争に勝ち抜くために、日本国内でいち早く実用化し、一定の安全性を確保した上で試行錯誤を繰り返し、製品やサービスを成熟させていくことも必要になる。
- そのなかで必要なのは民の動きと連携した官のサポートによる推進力である。新しい技術の円滑な社会実装を図るためには技術開発と同時進行で法制度などの設計を進める必要がある。さらに、実装段階にあたっては国や地方自治体が導入支援などの施策を実施することに加え、民間に先駆けてサービス活用を積極的に行うことにより社会受容性を向上させていくことが求められる。そういった意味では、空飛ぶクルマに関する官民協議会の開催やロードマップの策定などは理想的な取り組みであり、今後も継続的に開催されること、更に計画を実際に行うことが期待される。
- 日本政策投資銀行としても、空飛ぶクルマの社会実装に向けて、この新たな産業の一員となり、投融资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。

図表7 ポストコロナにおける移動の変化と新たに必要となる移動手段



(備考)日本政策投資銀行作成

(お問い合わせ先)

株式会社日本政策投資銀行
〒100-8178 東京都千代田区大手町1丁目9番6号
大手町フィナンシャルシティサウスタワー

業務企画部 イノベーション推進室 : 白谷

企業金融第2部 航空宇宙室 : 岩本

産業調査部 : 佐無田

©Development Bank of Japan Inc.2020

本資料は情報提供のみを目的として作成されたものであり、取引等を勧誘するものではありません。
本資料は当行が信頼に足ると判断した情報に基づいて作成されていますが、当行はその正確性・確実性を保証するものではありません。本資料のご利用に際しましては、ご自身のご判断でなされますようお願い致します。本資料は著作物であり、著作権法に基づき保護されています。本資料の全文または一部を転載・複製する際は、著作権者の許諾が必要ですので、当行までご連絡下さい。著作権法の定めに従い引用・転載・複製する際には、必ず、『出所:日本政策投資銀行』と明記して下さい。