

戦略的創造研究推進事業（社会技術研究開発）
2020(令和2)年度採択 プロジェクト企画調査
終了報告書

科学技術の倫理的・法制度的・社会的課題（ELSI）への
包括的実践研究開発プログラム

プロジェクト企画調査

『空飛ぶクルマ』の社会実装における
社会的課題解決についての基礎的検討」

Basic Research on Solving the Social Challenges in the Implementation of
“Flying Cars”

企画調査期間

2020(令和2)年9月～2021(令和3)年3月

調査代表者／Principal Investigator

小島 立

九州大学 大学院法学研究院 教授

KOJIMA Ryu

Professor, Kyushu University Faculty of La

1. 企画調査の概要

■概要：

本企画調査は、「空飛ぶクルマ」の社会実装において解決しなければならない多くの倫理的・法制度的・社会的課題(ELSI)に関する基礎的検討を行う。「空飛ぶクルマ」という新しい移動手段は、私たちの生活の質(QOL, クオリティ・オブ・ライフ)を上げるために、どのように用いられるべきなのか。さらに、「空飛ぶクルマ」を現実社会に導入する際にも、「空飛ぶクルマ」が社会に受容されるためには、機体や動力源の開発、インフラ整備、オンデマンド型の利用サービスを実現する情報システムや「プラットフォーム」の構築、都市計画や「まちづくり」のあり方などの相互に関連する社会的課題を解決することが求められる。本企画調査は、超伝導技術を活用した電気推進システムの開発で世界最先端を走る九州大学において、人文社会系と自然科学系の研究者が協働する形で、未来社会の基幹インフラとなる「空飛ぶクルマ」のもたらす社会像や価値観、そして、そのために解決すべき社会的課題についての予見的研究を学際的に推進する。

■参画・協力機関：

九州大学大学院法学研究院、九州大学先進電気推進飛行体研究センター、九州大学人社系協働研究・教育コモンズ、九州大学・学術研究・産学官連携本部、九州電力総合研究所

■キーワード：

空飛ぶクルマ、超伝導技術、社会受容性

■Summary:

This Feasibility Study will conduct basic research on solving Ethical, Legal Social Issues (ELSI) in the process of the social implementation of “Flying Cars”. How should we utilize the new mobility of “Flying Cars” to improve our quality of life? In addition, for “Flying Cars” to be socially accepted, it is necessary to solve various technical issues such as the development of airframes or power sources, infrastructure construction, the establishment of information systems or “platforms” which enables on-demand services, urban planning or community revitalization, etc. Kyushu University is leading a world-class research on electric propulsion system utilizing superconductivity. In the environment where researchers of humanities, social sciences and natural sciences collaborate, this Feasibility Study will conduct anticipatory interdisciplinary research on the image of society, values, and social challenges to be solved when “Flying Cars” become a critical infrastructure of the future society.

■Joint R&D Organizations:

Kyushu University Faculty of Law, Kyushu University Research Institute of Advanced Electric Propulsion Aircrafts, Kyushu University Collaborative Platform in Research and Education on Humanities and Social Sciences, Academic Research and Industrial Collaboration Management Office of Kyushu University, Kyushu Electric Power Research Institute

■Key words:

Flying Cars, Superconductivity, Social Acceptability

2. 企画調査の目標

本企画調査の研究対象である「空飛ぶクルマ」とは、「短中距離を自動で飛行して、安全かつ安価に人や物を移動させられる機体やサービス」の提供を行うものである（「空の移動革命に向けた官民協議会について」（2018年8月29日）。「空飛ぶクルマ」の市場規模は、2040年には全世界で170兆円に及ぶという試算がなされているなど（「スカイドライブの『空飛ぶクルマ』 有人飛行試験レポート」（Car Watch、2020年9月2日 [https://car.watch.impress.co.jp/docs/news/1274500.html]）、「空飛ぶクルマ」は次世代の短中距離の移動を担う基幹インフラとなるとともに、わが国の基幹産業としても、その発展が大いに期待されている。

しかし、「空飛ぶクルマ」を社会実装するには、解決しなくてはならない ELSI が数多く存在する。「空飛ぶクルマ」という新しい移動手段（モビリティ）は、私たちの QOL を上げるために、どのように用いられるべきなのだろうか。さらに、「空飛ぶクルマ」を現実社会に導入するには、「クルマ」に相当する機体や動力源等の技術開発に加えて「空飛ぶ」ことが加わるため、離着陸場所や航空管制等の種々のインフラ整備、オンデマンド型の利用サービス（いわゆる「ライドシェア」）を実現する情報システムや「プラットフォーム」の構築、「空飛ぶクルマ」に適した所有権制度、都市計画、建築規制や「まちづくり」のあり方に関する倫理的課題などの再検討が課題となる。

本企画調査が対象とする「空飛ぶクルマ」は、いわゆる“Society 5.0”において、データの収集、蓄積、解析、解析結果の実世界へのフィードバックという実世界とサイバー空間との相互関連により、モノのデジタル化・ネットワーク化によって様々な産業社会に適用され、デジタル化されたデータが、インテリジェンスへと変換されて現実世界に適用されることによって、データが付加価値を獲得して現実世界を動かす社会（いわゆる「データ駆動型社会」）。産業構造審議会商務流通情報分科会情報経済小委員会『中間取りまとめ～CPSによるデータ駆動型社会の到来を見据えた変革～』（2015年5月）を前提に構築されるとともに、人、モノ、技術、組織等が様々につながるにより新たな価値創出を図る“Connected Industries”（「Connected Industries」東京イニシアティブ 2017（2017年10月））として展開される。

したがって、私たちの社会には、上記の諸要素が複合的に組み合わさって実現する「空飛ぶクルマ」に適合的な社会制度の設計構想が求められる。

「空飛ぶクルマ」は、前記の「短中距離」の移動に鑑みると、私たちが自明視する都市や交通輸送体系のあり方（都市間移動や、都市と後背地の移動など）を抜本的に変革し、私たちの生活圏、コミュニティ、生活様式などに大きな影響を与える。「空飛ぶクルマ」に適合的な社会を実現するには、「空飛ぶクルマ」が実装される未来社会の社会像や価値観などが社会の構成員に共有され、実装過程において社会が引き受けるべき不確実性やリスクなどが受容されることが不可欠である。

本企画調査は、上記のように急速に現実化しつつある「空飛ぶクルマ」の社会実装に向けて克服すべき ELSI を具体的に明らかにするとともに、次のステージとして予定される研究開発プロジェクトの提案の策定を行うことを目標とする。

3. 企画調査の内容と結果

3-1. 実施項目

- 項目1：超伝導技術を活用した「空飛ぶクルマ」と周辺技術についての制度設計
- 項目2：“Mobility as a Service (MaaS)”としての「空飛ぶクルマ」の実装に向けた情報システムや「プラットフォーム」についての制度設計
- 項目3：「空飛ぶクルマ」が変革する、都市、コミュニティ、所有権、国土利用などについての制度設計

3-2. 実施内容と結果

「空飛ぶクルマ」の現状について

(1) 「空飛ぶクルマ」を取り巻く国内外の状況について

本企画調査の研究対象である「空飛ぶクルマ」とは、「短中距離を自動で飛行して、安全かつ安価に人や物を移動させられる機体やサービス」の提供を行うものである（「空の移動革命に向けた官民協議会について」(2018年8月29日)）。諸外国では「電動垂直離着陸機(eVTOL: electric Vertical Take-Off and Landing)」または「アーバン・エア・モビリティ(UAM: Urban Air Mobility)」と言われることが多いが、本報告書では「空飛ぶクルマ」という用語を用いる。

「空飛ぶクルマ」の市場規模は、2040年には全世界で170兆円に及ぶという試算がなされるなど（「スカイドライブの『空飛ぶクルマ』有人飛行試験レポート」(Car Watch、2020年9月2日 [https://car.watch.impress.co.jp/docs/news/1274500.html])、「空飛ぶクルマ」は次世代の短中距離の移動を担う基幹インフラとなるとともに、日本の将来の基幹産業としての発展が期待されている。国内外において、「空飛ぶクルマ」の研究開発を行う相当数のスタートアップが研究開発にしのぎを削るとともに、世界的な航空機メーカーや自動車メーカー等を含めた合従連衡も進みつつある。

日本では、「空飛ぶクルマ」の社会実装に向けて経済産業省と国土交通省が協働し、「空の移動革命に向けた官民協議会」（以下、「官民協議会」という）において検討がなされてきた。官民協議会が2018年12月に示した「ロードマップ」は **2023年のビジネス開始を最初の目標としている**。

国レベルでの議論を受けて、三重県は、交通・観光・防災・生活等の地域課題の解決に「空飛ぶクルマ」を活用するため、実証実験等を積極的に進めるなど、先進的な動きを見せている。また、**2025年の大阪・関西万博**では「空飛ぶクルマ」の実用化が目標とされており、2020年11月に「空の移動革命社会実装大阪ラウンドテーブル」が設立され、産学官41のプレイヤーが参画している。

海外でも、例えばカナダのバンクーバーでは、産業界、地方自治体、インフラ・プロジェクト・ファイナンス、学界等から構成されるコンソーシアムにおいて、住民、ビジネス、恵まれない立場のコミュニティ、先住民、緊急事態への対応などの様々な社会的要素を視野に入れた検討が始まっている(Canadian Advanced Air Mobility, Advanced Air Mobility Comes to Vancouver: Exciting New Mobility Options for Residents, Businesses, Indigenous Peoples, and Public Responders (2020))。

このように、国内外において、「空飛ぶクルマ」の社会実装に向けた動きが急速に進んでいる。

(2) 「空飛ぶクルマ」の特徴

「空飛ぶクルマ」の特徴としては、①電動、②垂直離着陸型、③無操縦者の3点が挙げられる(空の移動革命に向けた官民協議会「空の移動革命に向けたロードマップ」(2018年12月20日))。上記①と③については、社会実装の初期からそれらが完全な形で実現することは難しいと予想されるが、将来的にこの方向性が志向されていることは間違いない。これらの条件を兼ね備えた「空飛ぶクルマ」は、以下に示されるような形での社会実装が予測される。

電動化された「空飛ぶクルマ」は、ある地点Aで垂直に離陸し、多種多様なデータの提供を受け続けながら飛行し、別の地点Bで垂直に着陸する。無操縦者による完全自律飛行が実現すれば、「空飛ぶクルマ」は、天候の急変や障害物との衝突回避などへの対応を含め、臨機応変に飛行ルートを変更するなどの安定的な制御がなされなくてはならない。運航する上では、垂直離着陸の場所(一般に「パーティポート (Vertiport)」と呼ばれる)を確保するとともに、上空500~1000メートルの空域を航行することが必要となる。

「空飛ぶクルマ」の導入当初(2023年~2025年)は、その社会実装は局所的となることが予想される。動力源はバッテリーであり、搭乗者が1名~2名、かつ、航続時間が20~30分にとどまるためである。時速も100km前後であり、航続距離を考えると都市内・地域内の移動にとどまる。

しかし、将来的には、動力源は超伝導技術を活用した電動モーターとなり、それが高出力となれば、自家用車や大型自動車に匹敵する搭乗者数の機体を飛行させることもできる。移動性能についても、時速200~300km、かつ、数時間の航続時間を達成することも可能となる。そうすると、「空飛ぶクルマ」は数百kmの航続距離を維持することが可能になり、都市間・地域間の移動をオンデマンドで実現することが可能なモビリティとなる。このような高性能の「空飛ぶクルマ」が実現すれば、自然災害等の緊急事態が起きた際の「空飛ぶ救急車」に加え、「空飛ぶ電源車」「空飛ぶ給水車」といった緊急用車両としての活躍も期待される。また、経済合理性(運賃)と時間合理性(所要時間短縮の効果)の観点から「空飛ぶクルマ」が高く評価されれば、官民協議会のロードマップ(2018年12月)が掲げる「身近で手軽な空の移動手段」に近づく可能性が高まるであろう。

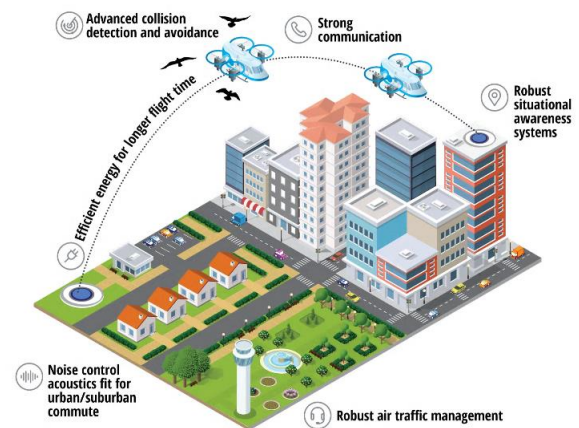
(3) 本企画調査の検討対象と検討手法

「空飛ぶクルマ」は、2023年の事業開始や2025年の大阪・関西万博における実用化と、それに向けた法整備等の議論が急速に進んでいる。しかし、前述のとおり、専ら技術的制約のため、「空飛ぶクルマ」の導入当初(2023年~2025年)は、その社会実装は局所的なものに限定される。

「空飛ぶクルマ」に関する官民協議会での議論などにおいて、克服すべき重要な課題の一つに「社会受容性」の向上が挙げられている。しかし、そこでの「社会受容性」は、本企画調査における研究(文献調査、展示会やシンポジウムへの参加、諸機関訪問、シンポジウム開催など)から知りうる限りは、2023年に「空飛ぶクルマ」をビジネスとして離陸させるための必要最小限の制度的なもののように見える。例えば「騒音」などが社会受容性の観点から議論されているが、現在の議論は「空飛ぶクルマ」が大規模に社会に普及することを前提として見受けられない。

FIGURE 2

What eVTOL operations need to do to carry people and products within cities



出典: Deloitte, Technological barriers to the elevated future of mobility: Can urban transportation be lifted off the ground? (2019)

「空飛ぶクルマ」の技術水準が向上するとともに種々の技術的課題が解決され、より広範に社会に普及するに至った場合には、少数の「空飛ぶクルマ」がもたらす問題を処理するだけでは足りなくなる。そこでは、「空飛ぶクルマ」という技術の「累積的(cumulative)」な結果(より多数、高頻度、高密度の利用)を視野に入れた社会的規制の制度設計を考える必要がある。

例えば、『空飛ぶクルマ』を安全に飛ばす」という点に関しても、地域、高度、時間帯、頻度、性能(速度など)、目的(ビジネス、観光、緊急対応など)といった点を網羅的に検討せねばならない。さらに、飛行する際には様々なデータが必要とされるが、そこでは個人情報や営業秘密等の保護されるべきデータの処理(収集、分析、利活用、提供など)も課題となるし、飛行が環境に与える影響、地域における美観や景観の保全との調和など、多様な問題が顕在化することが予想される。

もし「空飛ぶクルマ」が社会に広範に展開されれば、「空飛ぶクルマ」は私たちの日常生活の一部になる。それは20世紀に自動車や飛行機が広範に普及し、「モータリゼーション」のような形で私たちの生活や世界観を劇的に変えたことに匹敵するインパクトを有する可能性がある。

そうであれば、「空飛ぶクルマ」の広範な社会実装が現実的な選択肢として私たちの視界に入りつつある今こそ、「実装ありき」という態度ではなく、「空飛ぶクルマ」が私たち生活者のウェルビーイングにどのように貢献しうるか、「空飛ぶクルマ」がもたらし得る危険やリスクをどのように除去・低減すべきなか、過去の「モータリゼーション」の歴史における過ちを繰り返さないためにはどうすべきか、といった ELSI の諸課題を複眼的かつ包括的に検討することが急務である。

本企画調査では、上記の問題意識に基づき、2030年前後を見据え、「空飛ぶクルマ」が私たちの社会インフラとして受容されるために、私たちが克服すべき「倫理的・法制度的・社会的課題(ELSI)」を明らかにすることを研究目的に掲げた。そして、上記の研究目的を達成するため、本企画調査では、①超伝導技術を活用した「空飛ぶクルマ」と周辺技術についての制度設計、②“Mobility as a Service (MaaS)”としての「空飛ぶクルマ」の実装に向けた情報システムや「プラットフォーム」についての制度設計、③「空飛ぶクルマ」が変革する、都市、コミュニティ、国土利用などについての制度設計、という3つの具体的な研究課題(研究クラスター)を設定した。

(4) 本企画調査の実施体制

本企画調査に関する ELSI を検討するためには、技術、法制度、人間やその生活環境に与える影響などを網羅的に研究する必要がある。そこで、九州大学の「先進電気推進飛行体研究センター」と、科学技術イノベーション政策、情報法政策、競争政策、都市計画等の多様な研究分野の研究者を揃える「人社系協働研究・教育コモンズ(人社系コモンズ)」の2つが、自然科学系と人文社会系の垣根を超えて、学際的な研究チームを構築して研究を推し進めていくこととした。

九州大学は、電動航空機に活用するための超伝導電気推進システムに関して世界最先端の研究を進めており、その実績をベースに、全学レベルの「先進電気推進飛行体研究センター」において、地球環境保全のために、人の移動・物流を担う航空機、自動車の低エミッション化・高効率化を目的として、電気推進システムを搭載した電動航空機と「空飛ぶクルマ」の研究開発を行っている。本企画調査は、九州大学に所属する人文社会系の研究者がイニシアティブをとりつつ、九州大学における「空飛ぶクルマ」に関連する研究開発の現場と歩調を合わせながら、その社会的規制について検討していくことを特徴としている。

(5) 本企画調査の実施内容

本企画調査では、①研究会の開催、②シンポジウムの開催、③関係する諸機関の訪問、④サイエンスカフェの開催、の4つの柱を設定し、それらを有機的に統合する形で研究の遂行

を目指した。

①研究会の開催

「空飛ぶクルマ」の社会実装に向けた ELSI を解決するためには、複合的な課題を同時に解決せねばならない。したがって、前述の 3 つの研究クラスター相互を横断する形で合計 5 回の全体研究会を開催するとともに、下記②のシンポジウムに向けて研究クラスター内での研究会を行い、検討を深める手法を採用した。研究会の開催記録は以下のとおりである。

全体研究会 (2020 年 9 月 19 日、10 月 12 日、11 月 12 日、2021 年 1 月 6 日、2 月 13 日)

各クラスターの研究会 (クラスター1 (2020 年 11 月 2 日)、クラスター2 (2020 年 11 月 8 日)、クラスター3 (2020 年 10 月 31 日))

②シンポジウムの開催

全体研究会および各クラスターでの検討を踏まえて、2020 年 12 月 2 日に、「空飛ぶクルマ」の社会実装に向けた ELSI についてのシンポジウムを開催した。企画趣旨に続き、各クラスターの領域が抱える課題について報告を行い、本企画調査のアドバイザーである野口和彦氏、および、本企画調査の研究メンバーからの補足コメントの後に、参加者からの質問を含めて全体討議を行った。本シンポジウムには、政府自治体、学術、企業、一般を含めて **126 名の参加**があった。

③諸機関等の訪問

「空飛ぶクルマ」に関して、アップデートされた知見を幅広く得るとともに、本企画調査を発展させるためのネットワークの拡大を目指し、以下の諸機関等を訪問し、意見交換を行った。

2020 年 :	11/5 東京大学・航空イノベーション分野教授【リモート】
9/1 九州大学・産学連携担当理事・教授(当時)	11/6 法政大学・騒音制御工学分野教授
9/2 福岡建築ファウンデーション理事長・建築家【リモート】	11/13 横浜国立大学・交通工学分野教授
9/11 福岡地域戦略推進協議会	11/13 デロイト トーマツ コンサルティング(航空業界)
9/18 福岡アジア都市研究所	11/13 東京海上日動火災保険航空保険部
9/21 東京大学・経済学分野教授【リモート】	11/13 経済産業省次世代空モビリティ政策室
9/23 九州大学・システム制御分野准教授	12/17 愛知県経済産業局
9/23 九州大学・感性工学分野教授	12/18 大阪府成長産業推進室
9/25 文部科学省宇宙開発利用課	2021 年 :
9/25 Roots Mobility Japan 代表 (元 Uber Japan)	1/17 ANA ドローン事業化プロジェクト【リモート】
10/7 福岡県新産業振興課	1/26-28 2021 Autonomous VTOL Technical Meeting and Electric VTOL Symposium
10/8-9 野村総合研究所(航空・ドローン業界)	1/27 三重県創業支援・ICT 推進課【リモート】
10/12 国土交通省安全企画課【リモート】	1/29 長崎県政策企画課【リモート】
10/23 福島ロボットテストフィールド	3/16 三重県「空の移動革命」促進に向けたシンポジウム 2021 (予定)
10/26 九州電力総合研究所	3/18 トルビズオン(空中権仲買業)(予定)
11/4-6 フライングカーテクノロジー展示会	
11/4 慶應義塾大学・航空ビジネス工学分野教授	

④サイエンスカフェの開催

「空飛ぶクルマ」の社会受容性を高めるためには、社会の幅広い構成員が「空飛ぶクルマ」についてどのような期待や不安を抱いているのかということを知り、それをどのように克服していくべきなのか、ということを検討する必要がある。本企画調査では、以下の 2 回のサイエンスカフェを開催し、「空飛ぶクルマ」に関する ELSI について多様な気づきを得ること

ができた。

- ・ 2020年10月26日 小学校高学年の児童と保護者（合計12名）、九州大学伊都キャンパス周辺のコモンスペース（福岡市西区）
- ・ 2020年12月10日 北九州工業高等専門学校生産デザイン工学科知能ロボットシステムコース5年生46名、北九州工業高等専門学校（北九州市小倉南区）

⑤その他

研究代表者が担当する以下の授業において、「空飛ぶクルマ」の社会実装における ELSI について検討を行った。それぞれの授業の受講生にグループ報告を行ってもらい、その後に意見交換を行った。前者は法学部生（主に日本人学生）、後者は工学系の大学院に在籍する学生（主に留学生）と、受講者の属性が異なっているため、「空飛ぶクルマ」の ELSI について多様な観点が示された。

- ・ 2020年11月～12月 九州大学法学部「知的財産法演習」（学部ゼミ、受講生22名）
- ・ 2020年12月～2021年1月 山梨大学大学院医工農学総合教育部工学専攻“The Role of Natural Scientists in Contemporary Society”（英語による集中講義、受講生31名）

また、「空飛ぶクルマ」に関する国内外の動向についてアップデートするため、2020年11月上旬に東京ビッグサイトで3日間にわたって開催された「フライングカーテクノロジー展示会」（のべ1万人以上が来場）に参加するとともに、2021年1月に開催された九州大学先進電気推進飛行体研究センター主催の集中講義（4日間）と2021年1月末にリモート形式で開催された Urban Air Mobility の国際シンポジウム（3日間）を聴講した。

以下では、先に掲げた3つの項目の研究結果について記述する。

■項目1：超伝導技術を活用した「空飛ぶクルマ」と周辺技術についての制度設計

「空飛ぶクルマ」の開発設計には、洗練された電動化技術、運行制御技術、それらの成果を反映した機体の開発等を行うことが必要不可欠である。そして、「空飛ぶクルマ」の基幹技術および周辺技術の研究開発と開発成果の社会実装には、技術面および社会環境面での安全性の確保に加えて、この技術が私たちの生活環境に与える様々な影響を考慮に入れて社会的規制を進めねばならない。

本項目では、「空飛ぶクルマ」を安全に運航するための技術的課題とその規制について、先行するドローンに関する法整備なども参照しつつ、「責任ある研究とイノベーション (RRI)」の観点を踏まえ、諸機関訪問等において幅広く知見を得つつ、課題の洗い出しを進めることを目指した。

(1) 超伝導電気推進システム

「空飛ぶクルマ」の必須構成要素の一つに電動化技術が挙げられる。日本政府も、いわゆる「グリーン社会」を達成するため、2050年までに、温室効果ガスの排出を全体としてゼロにする「脱炭素社会」「カーボン・ニュートラル」の実現を目指している。したがって、自動車や航空機を含むモビリティの電動化の流れは国内外においてさらに加速することが予想される。

前述のとおり、九州大学が電動航空機に活用するための超伝導電気推進システムに関して進めてきた先導的な研究開発の成果は、「空飛ぶクルマ」への応用が期待される。超伝導電気推進システムによる軽量かつ高出力の電動モーターが「空飛ぶクルマ」に実装されれば、時速、航続時間等が飛躍的に上がり、「空飛ぶクルマ」による都市間・地域間の移動が現実的に視野に入ってくる。

「空飛ぶクルマ」の電気推進システムには、超伝導モーター、低音動作に関するパワーエレクトロニクス、機内電力系統などの様々な条件を考慮したシステム化が必要であり、それらの安全性、環境面に与える影響などを注意深く考慮に入れながら研究開発を進める必要がある。

(2) 運航制御システム

「空飛ぶクルマ」は無操縦者（オートパイロット）であり、多種多様なデータの提供を受け続けながら 3次元を高速で飛行する。そこでは、天候の急変や障害物との衝突回避などへの対応を含め、臨機応変に飛行ルートを変更するなど安定かつ洗練された運行制御システムを必要とする。このためには、人工知能（AI）を含めた通信・分散制御のシステム構築が求められる。

運航制御システムに関する技術的課題は、多様なデータの収集、分析、利活用等に関する法的・倫理的問題、AI等による判断が不測の事態を引き起こす場合の法的責任などの問題と関係する。したがって、これらのデータや AI 等に関する問題は項目 2 とも密接な関係を有している。

また、「空飛ぶクルマ」を運航するという点からは、離着陸場所や航空管制等の種々のインフラ整備に関する問題も克服する必要がある。これらの問題は離着陸場所の選定や飛行ルートの設定など、私たちの生活環境に関係するという点で、項目 3 とも密接な関係を有している。

(3) 機体の開発

「空飛ぶクルマ」の実現には、上記の電動化技術と運行制御技術の成果を反映した機体の開発も必要となる。垂直離着陸には大出力が必要となるため、電気推進システムの高性能化に加えて、機体それ自体の軽量化も課題となる。したがって、素材、接着技術等の研究開発の動向も併せて見据えながら検討していくことが必要である。

前述のとおり、「空飛ぶクルマ」は、私たちの生活環境に密接する 3次元空間を高速で飛行する物体となる可能性がある。それが高頻度、高密度で運用されるような状況になれば、その累積的な結果が人間の知覚や身体感覚にもたらす影響は小さくない。その点で、機体の開発に関する課題は、私たちの生活環境に与える影響という点で、項目 3 とも密接な関係を有している。

■項目 2：“Mobility as a Service (MaaS)”としての「空飛ぶクルマ」の実装に向けた情報システムや「プラットフォーム」についての制度設計

「空飛ぶクルマ」は“Mobility as a Service (MaaS)”としての社会実装が予想される。MaaSとは、「出発地から目的地までの移動ニーズに対して最適な移動手段をシームレスに一つのアプリで提供するなど、移動を単なる手段としてではなく、利用者にとっての一元的なサービスとして捉える概念」である（国土交通省「都市と地方の新たなモビリティサービス懇談会」のウェブサイト）。

「空飛ぶクルマ」を MaaS として提供するためには、オンデマンド型の利用サービス（旅客運送分野の仲介ビジネスである「ライドシェア」）を実現する情報システムや「プラットフォーム」の構築が必要となるため、これらの制度設計のあり方について諸機関訪問等において幅広く知見を得つつ、課題を洗い出すことを目指した。

(1) 「ライドシェア」および「オンデマンド型」の利用に耐えうる情報システム構築

「空飛ぶクルマ」が社会に普及していく過程では、「ライドシェア」の形態が広く見られることが予想され、そのようなオンデマンド型の利用に対応できる情報システムの構築が必要となる。

この課題は項目 1 の (2) 運航制御システムとも関係する。「空飛ぶクルマ」が MaaS の一部を構成するということは、他の公共交通機関はもとより、私たちが移動する目的地や経路地の施設情報に加えて、信頼性の高いモビリティのネットワークを構築するという観点からは、地図、運行、運賃、事故、天候、保険等を含めた多種多様な情報がシステム上に反映されていなければならない。そのような多種多様な情報をベースに、利便性や経済合理性などを

踏まえて、私たちのニーズに即した MaaS の手段の一つとして「空飛ぶクルマ」が選択されることになる。

MaaS の情報システム構築には、異業種の連携と多種多様なデータの集積が不可欠である（国土交通省『MaaS 関連データの連携に関するガイドライン Ver.1.0』（2020 年））。様々なアクターの有するデータのうち、協調的な形でシェアさせるものと競争的な形で囲い込むものをどのように区別しながら連携を図るのか、その舵取りを誰が担うべきかなど、検討すべき課題が山積している。

(2)「プラットフォーム」の規制

オンデマンド型の「空飛ぶクルマ」の利用に対応できる情報システムは、先行する自動車のライドシェアや「民泊」などの「シェアリングエコノミー」と同様に、サービス提供者と利用者をマッチングさせる機能を有する「プラットフォーム」が介在しなくては成り立ち得ない。また、**前掲 (1) とも関わる**が、MaaS を成り立たせるための連携においても、異業種の連携と多様なデータの提供を成り立たせるための「プラットフォーム」に関する問題が指摘されている。

「プラットフォーム」については、規約の一方的な変更、データ（個人情報など）の不当な利用、アルゴリズムの透明性・公平性、利用者生じた損害に対してプラットフォームが負うべき責任をはじめ、公正な競争秩序および利用者保護の観点から種々の問題が指摘されている。「空飛ぶクルマ」をめぐる事業が健全かつ公正な発展を遂げていくためには、情報倫理の観点を踏まえつつ、情報法、独占禁止法（競争法）などの観点から、適切な規制の枠組みが構築されることが必要である。

■項目 3:「空飛ぶクルマ」が変革する、都市、コミュニティ、所有権、国土利用などについての制度設計

「空飛ぶクルマ」が広範に普及すれば、現代社会が前提とする地上移動型の交通インフラと、高速道路や高速鉄道等が中核を占める「ハブ・アンド・スポーク型」の交通体系の変革を促すことが予想される。「空飛ぶクルマ」は「ポイント・ツー・ポイント型」の空中移動であり、より中小規模での人やモノの高速移動を容易にする。

交通輸送システムの変革は、現代社会が所与の前提としてきた「**高密度**」かつ「**稠密**」な都市中心の「**密**」な社会から「**疎**」な社会への転換に貢献する可能性を秘めている。それが実現すれば、自動車によって規定され、私たちが自明視してきた現代社会についての基本的な「マインドセット」が劇的に変わるインパクトを有する。その結果、地上移動型の交通インフラを前提として制度設計がなされてきた従来の都市計画、国土利用、所有権等に対する考え方、私たちの住まい方、地域活性化などのあり方なども必然的に見直しを迫られる。

上記の問題関心を踏まえて、本項目では、「空飛ぶクルマ」の社会実装によって、私たちの「住まい方」にどのような変化が生じるのか、そして、そのような変化を見据えながらどのような制度設計を行うべきなのかということについて、課題を洗い出すように努めた。

(1) 都市計画や国土利用の変容

「空飛ぶクルマ」の普及によって、これまでの「密」な社会から「疎」な社会への移行が後押しされれば、現在の陸上移動（特に輸送密度の高い公共交通機関）を前提に構想されてきた「コンパクトシティ」をはじめとする**都市計画や国土利用の前提条件**にも大きな変化が生じるだろう。

また、従来の社会構造で周縁として扱われてきた地域・社会でも、「移動」や「輸送」、さらに「生活」そのものに対する人々の認識の変化が生じることで、物理的境界に制限されない「ボーダーレス」が個人レベルでも可能になるなか、人口の移動や価値観の根本的な変容が生じる可能性がある。

もっとも、このような変化が将来に好ましい結果をもたらすかどうかは未知数である。「空飛ぶクルマ」が分散型の居住や生活スタイルを実現すれば、例えば「風光明媚」な場所に富裕層が集住して、目的地まで「空飛ぶクルマ」でパーソナルかつプライベートに移動することも可能になるかもしれない。このような変化は、「ゲーテッド・コミュニティ」の形成をもたらしたり、私たちが公共交通機関で多様な人々に出会う機会を奪うことになったりして、結果的に「空飛ぶクルマ」が「社会的包摂」ではなく「社会的分断」を助長することになるかもしれない。

「空飛ぶクルマ」が社会的不均衡を拡大するような形で都市計画や国土利用に負の影響をもたらさないようにするための、とりわけ倫理的観点を踏まえた ELSI の検討は急務である。

(2) インフラ整備や保全のあり方

「空飛ぶクルマ」について、人々の移動を支えてきた自動車や道路インフラ、高速鉄道などの役割分担、それら陸上交通のインフラ整備や保全などとの関係も問題となる。また、こうしたインフラ整備・保全に関わって、観光や公共事業のあり方、さらにはそれらの地域特有の意義などについても検討がなされなければならない。

地方自治体との意見交換では、少子高齢化および人口減少の中で都市やコミュニティが縮退する過程で、ユニバーサルサービスとしての**インフラ整備とその維持**が不可能になるのではないかと、そして、「空飛ぶクルマ」がそのインフラ整備の不完全さの穴を埋める可能性があるのではないかとといった意見も出され、前掲(1)の都市計画や国土利用のあり方を含めた検討の必要性を痛感した。

(3) 所有権、住まいの形、住環境などへの影響

「空飛ぶクルマ」の「ライドシェア」などが私たちの日常生活に入り込んでくると、それに伴って住まいの形や場所や生活環境にも影響が及ぶことが想像される。陸上交通からの(部分的な)解放が引き起こすメリットの一方で、騒音や事故に対する懸念や慣習との衝突、「私有地」としての「私有空間」がさらに主張される可能性など、**所有権、都市計画、建築規制などとの調整といった法的問題の解決に加えて、地域社会・文化との折衝が求められる場面**も出てくることが予想される。

「空飛ぶクルマ」が私たちの生活空間に近くに入ってくれば、例えば、離着陸場所(パーティポート)をどこに設置すべきかといった点での意見集約が課題になるかもしれない。また、「空飛ぶクルマ」が高頻度かつ高密度に飛行することになれば、自動車における高速道路に対応する3次元空間における仮想的な飛行ルート(一般的に「空中回廊(コリドー)」と言われる)を設定しなくてはならないが、それが居住空間の上空に当たる住民は、安全性、騒音などの点で不安や不快感を覚えることもあるはずである。これまでのモータリゼーションをはじめ、このようなインフラ整備における**社会的合意の形成**は問題とされてきたが、諸外国においては、社会的に弱い立場にある人々(例えば、アメリカにおける黒人コミュニティ)に犠牲を強いられることも珍しくなかった。したがって、「空飛ぶクルマ」において同様の過ちを繰り返さないことが求められる。

■採択コメントにおいて指摘されていた課題について

(1) 哲学的・倫理的観点からの検討(そもそもこの技術が人間社会にどのような意味があるのか、幸福・利便性の意味、他の技術の ELSI 課題との異同の整理など)

【「空飛ぶクルマ」が人間社会に与える意味】「空飛ぶクルマ」は、中長期的には、時速数百 km で航続時間も数時間に及ぶ可能性があり、このスペックは、航空機、新幹線などの高速鉄道と遜色のないレベルである。

もっとも、航空機や高速鉄道は恒常的な需要を見越した大量旅客輸送であり、いわゆる「ハ

「ブ・アンド・スポーク」のモビリティである。また、現在も、オンデマンド型の高速移動手段として自家用ジェットやヘリコプターなども存在するが、それらは運賃も高く、また、空港やヘリポートなどの施設が必要であるため、私たちの生活に近い「普段使い」のモビリティにはなっていない。

それに対して、「空飛ぶクルマ」は、オンデマンド型で、ポイント・ツー・ポイント（スポーク間）を高速で結ぶ可能性を有している。地上を移動しないため、都市部における渋滞、海洋や山岳地帯などの地理的要因を回避することもできる。自然災害等が発生すると、道路網が寸断されるなどして、地上移動のモビリティでは緊急支援が難しくなることも珍しくないが、「空飛ぶクルマ」はそのような地上移動に伴う障害を克服できる可能性があると同時に、非常用電源としても活用可能である。究極的には、「空飛ぶクルマ」が安全性に加えて、経済合理性や時間合理性の課題を克服できれば、ビジネススペースを皮切りに、社会に広範に普及するかもしれない。

【幸福・利便性の意味】「空飛ぶクルマ」の性能が向上すれば、オンデマンド型で、ポイント・ツー・ポイントを高速で結び、私たちのウェルビーイングを向上させる可能性を有する。過疎地、離島等での救急医療への対応、自然災害等が発生した場合の緊急車両としての活用なども期待される。

しかし、「空飛ぶクルマ」が高頻度・高密度で私たちの生活空間に近い空域を飛ぶようになれば、それは私たちの生活環境の攪乱要因になる可能性もあるし、飛行空域（いわゆる「空中回廊（コリドー）」の設定に関する社会的合意形成などの課題を生むことになることは前述したとおりである。

【他の技術の ELSI 課題との異同の整理】「空飛ぶクルマ」に関する ELSI は複合的な性格を帯びている。「空飛ぶクルマ」が広範に普及すれば、それは社会インフラの一部となるため、鉄道、電力、航空、原子力を含めたインフラ関係の科学技術に関する ELSI と同様の社会的規制の問題を生むことが予想される。また、「空飛ぶクルマ」の運航に関する課題は、データや AI、「プラットフォーム」に関する ELSI と重なっており、それらの研究を参照することも必要と考えている。

(2) 技術そのものの優位性や標準化などの観点や、社会に与える影響（リスク、安心・安全など）という観点からの ELSI 検討

【技術そのものの優位性や標準化などの観点】「空飛ぶクルマ」の技術的優位性は、オンデマンド型で、ポイント・ツー・ポイントを高速で結ぶことである。都市部における渋滞の回避、自然災害発生時の緊急支援などに威力を発揮することも期待される。また、将来的に超伝導による電気推進システムが実現すれば、「脱炭素」「グリーン社会」に貢献できる潜在的可能性も秘めている。

「空飛ぶクルマ」については、世界各地でのビジネス展開を考えれば、一国内の規制だけではなく、特にアメリカとヨーロッパにおける認証（型式証明、耐空証明など）を取得することが必要になる。したがって、日本で「空飛ぶクルマ」の研究開発を行うスタートアップ等も、世界の主要なマーケットにおける標準化を見据えた戦略が必要となる。本企画調査でも、国内外の動向を把握するべく努めてきたが、今後も状況のアップデートを行っていくつもりである。

【社会に与える影響（リスク、安心・安全など）という観点】「空飛ぶクルマ」の性能が向上し、高頻度・高密度で高速飛行できる条件が整えば、社会に対して多くの正の影響をもたらすことが予想されるものの、前述したように、負の影響も決して無視できない。

多くの「空飛ぶクルマ」の飛行空域が私たちの生活空間の上空 500～1000 メートルになれば、墜落のリスクは現在の航空機よりも多くなるであろうし、騒音等が恒常的に問題となる地域が現れるだろう。垂直離着陸の場所（パーティポート）の設置における地域での意見集

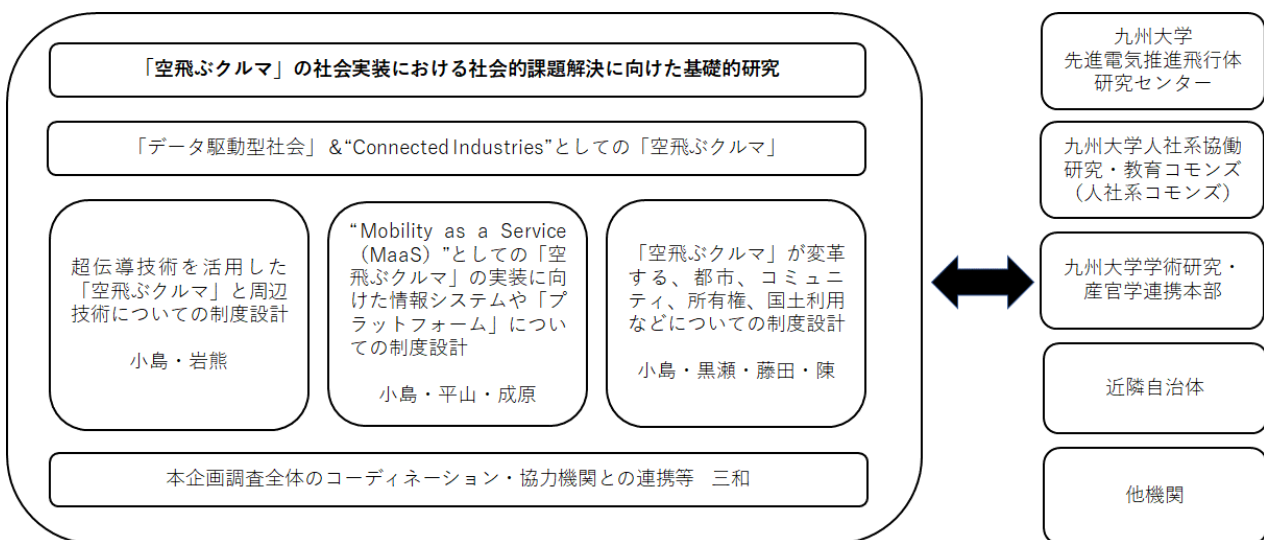
約も課題となる。また、前述のように、とりわけ都市部を中心に「空中回廊（コリドー）」を設定することは不可避になると思われるが、その真下に位置する住民の不安をどのように解消できるのかといった点については、**技術的な解決**（例えば、墜落時にパラシュートを用いて衝撃を緩衝するといったこと）に加えて、空中回廊を設定する際の事前の**合意形成においてどのように公正さを担保するのか**といったことも重要になる。

つまり、「空飛ぶクルマ」が社会実装の過程で地域コミュニティの分断をもたらしたり、社会的不均衡を拡大したりすることがないように、多くのアクターを包摂する形で議論や意見集約を行えるような、社会的に開かれた場や仕組みを構築することが極めて重要な課題となる。

4. 企画調査実施体制

本企画調査の研究メンバーは下記の8名であり、下記の実施体制図の形で研究を推進した。

- ・ 小島立（九州大学大学院法学研究院教授、先進電気推進飛行体研究センター法規部門委員、人社系協働研究・教育コモンズ委員）
- ・ 岩熊成卓（九州大学大学院システム情報科学研究院教授、先進電気推進飛行体研究センター所長）
- ・ 平山賢太郎（九州大学大学院法学研究院准教授、人社系協働研究・教育コモンズ委員）
- ・ 成原慧（九州大学大学院法学研究院准教授、人社系協働研究・教育コモンズ委員）
- ・ 黒瀬武史（九州大学大学院人間環境学研究院准教授）
- ・ 藤田雄飛（九州大学大学院人間環境学研究院准教授、人社系協働研究・教育コモンズ委員）
- ・ 陳思聡（九州大学大学院人間環境学研究院准教授、人社系協働研究・教育コモンズ委員）
- ・ 三和正人（九州大学学術研究・産学官連携本部研究推進主幹）



採択コメントにおいて、「一大学の単独チームに閉じることなく、日本の特長や文脈の検討が可能となるような体制・メンバーの補強」について検討すべきであるという指摘がなされていた。前述の「実施内容と結果」において示したとおり、研究期間内に約30の諸機関訪問を行なった。「空飛ぶクルマ」の現状について幅広くアップデートされた情報を得ることに加えて、本企画調査に欠けている内容や視点を得ること、研究体制を拡充するためのネットワーク構築も、その主要な目的であった。

研究体制を拡充する上では、①環境倫理や環境正義の観点、②経済やビジネスの観点、③

公共交通機関を含むモビリティ政策の観点などの知見を補完することが必要であり、それらの分野の研究者の増強を図りたい。その際には、九州大学だけではなく、これらの領域に強みを持つ他大学に所属する研究者の参画を検討したい。

また、「空飛ぶクルマ」については、技術の進展とそれに伴う社会的規制に関する議論が日進月歩の状況であるため、国際レベル、国内の省庁レベル、地方自治体レベルにおける様々なアクターの動向を踏まえた多角的・多層的な議論を常に同時並行的にウォッチする必要がある。今後も、諸機関訪問を通じて得られたネットワークを生かして研究を発展させたい。

5. 主な活動実績

- 1) 小島立 『空飛ぶクルマ』の社会実装における社会的課題の解決に向けて——科学技術の『倫理的・法制度的・社会的課題(ELSI)』および『責任ある研究とイノベーション(RRI)』の観点から」(九州経済連合会知的財産権研究会第369回定例会、2020年10月16日、電気ビル共創館(福岡市))
- 2) 小島立 『空飛ぶクルマ』の社会実装における社会的課題の解決に向けて」(「九州大学学術研究都市」セミナーin東京2020、2020年12月1日、ハイアットリージェンシー東京(東京都新宿区))
- 3) 小島立 「企画趣旨」(九州大学人社系協働研究・教育コモンズ第7回シンポジウム『空飛ぶクルマ』の社会実装における社会的課題解決に向けて)、2020年12月2日、リモート形式で開催)
- 4) 岩熊成卓 『空飛ぶクルマ』の研究開発の現状と今後の見通し」(九州大学人社系協働研究・教育コモンズ第7回シンポジウム『空飛ぶクルマ』の社会実装における社会的課題解決に向けて)、2020年12月2日、リモート形式で開催)
- 5) 平山賢太郎 「イノベーション・データ・セキュリティ」(九州大学人社系協働研究・教育コモンズ第7回シンポジウム『空飛ぶクルマ』の社会実装における社会的課題解決に向けて)、2020年12月2日、リモート形式で開催)
- 6) 黒瀬武史 「モビリティの発達と都市の変容——空間・人間・社会へのインパクト」(九州大学人社系協働研究・教育コモンズ第7回シンポジウム『空飛ぶクルマ』の社会実装における社会的課題解決に向けて)、2020年12月2日、リモート形式で開催)
- 7) 成原慧 『イノベーション・データ・セキュリティ』コメント」(九州大学人社系協働研究・教育コモンズ第7回シンポジウム『空飛ぶクルマ』の社会実装における社会的課題解決に向けて)、2020年12月2日、リモート形式で開催)
- 8) 藤田雄飛 『モビリティの発達と都市の変容——空間・人間・社会へのインパクト』補足コメント」(九州大学人社系協働研究・教育コモンズ第7回シンポジウム『空飛ぶクルマ』の社会実装における社会的課題解決に向けて)、2020年12月2日、リモート形式で開催)
- 9) 陳思聡 「クラスター3の補足：『空飛ぶクルマ』社会における倫理的課題～空間・場所・他者を中心に～」(九州大学人社系協働研究・教育コモンズ第7回シンポジウム『空飛ぶクルマ』の社会実装における社会的課題解決に向けて)、2020年12月2日、リモート形式で開催)
- 10) 三和正人 「コメント」(九州大学人社系協働研究・教育コモンズ第7回シンポジウム『空飛ぶクルマ』の社会実装における社会的課題解決に向けて)、2020年12月2日、リモート形式で開催)
- 11) サイエンスカフェ(小学校高学年の児童と保護者(合計12名)、九州大学伊都キャンパス周辺のコモンスペース(福岡市西区)、2020年10月26日)
- 12) サイエンスカフェ(北九州工業高等専門学校生産デザイン工学科知能ロボットシステムコース5年生46名、北九州工業高等専門学校(北九州市小倉南区)、2020年12月10日)