

「空の移動革命」ロードマップ策定に向けて Suggestions to the Japan Public-Private Council for Air Mobility Revolution

Version 1.

H. Nakamura, S. Suzuki

東京大学スカイフロンティア社会連携講座

& 日本無人機運行管理コンソーシアム

University of Tokyo, Sky Frontier Research Initiative, and

Japan Unmanned System Traffic & Radio Management Consortium

Nakamura & Suzuki (2018) UTokyo & JUTM

1

Background of This Document

Japan formed a Public-Private council for "Air Mobility Revolution" August 2018. Prior to the 3rd meeting (mid Nov) where a initial draft of the roadmap for the Air Mobility Revolution will be proposed by the secretariat, UTokyo Sky Frontier and JUTM wrote this document as suggestions to stimulate productive discussion to bring stakeholders consensus and to evolve the roadmap draft. Each slide was made in Japanese. The background and overview of each can be explained as follows;

1. Why "Air Mobility Revolution" is needed?

- Slide 4 suggests overviewing the background where a revolution is wanted by people in Japan. The council already listed disaster relief, transport for islands and mountains, and urban city mobility as the example of social issues to look at. If one of the solutions for their necessity is a flying car that the council mainly discusses, then the slide suggests investigating why conventional aircrafts can not meet the needs. We showed the example of the problems to challenge each social need with conventional aircraft operations.

2. Why and What is "Flying Car (eVTOL)"?

- Slide 5 listed key characteristics possibly required for the new air mobility, which should be elaborated by the process suggested in the Slide 4, More Economical, Socially Acceptable (including Noise, Emission issues), Able-to-operate Safely in High Density and Useful. Slide 5 then suggests defining a flying car at the council. To stimulate the discussion, we summarized the example of definition, referring the document provided by AHS and MITRE.

3. "Air Traffic Management" 4. "Airworthiness" (and Radio Management for both aspects)

- If we select two most important domains that public and private corporations are needed for "Air Mobility Revolution", "Flying Car" or even for current air transport, these are "Air Traffic Management" and "Airworthiness". And we must note that "Radio Management" can not be separated from the two.
- Slide 6 and 7 review related discussion found in US, Europe and Global Level. We consider discussion among stakeholders in this area are very limited in Japan, while Japanese contribution in this area should be welcomed globally. Slides suggest some of necessary steps for Japan to establish competency to have a Air Mobility Revolution.

5. Roadmap to "Flying Car"

- While the council seems to target on realizing "Autonomous eVTOL", we currently consider Japanese roadmap can be divided into four phases
- Air Mobility Revolution with conventional aircrafts such as helicopters and business jets (Phase I), Air (objects) Transport Revolution by expanding the use of Commercial UAS (Phase II) and Air Mobility Revolution with "Flying Car" (Highly automated (III) -> Remotely Piloted (IV) -> Autonomous (V))
- Slide 8 and 9 shows the example of things which could be worth to consider at the council.

We appreciate your comments or suggesting documents, events, activities or networks for us to look at. We would like to dedicate ourselves to the global issue to use this limited (lower-altitude/ urban) airspace safely and efficiently.

Nakamura & Suzuki (2018) UTokyo & JUTM

2

本資料作成の意図

- 「空の移動革命」には様々な期待が存在しており、複数の社会課題に注目した議論が存在しています。
 - 「空の移動革命」に取り組む背景を整理し、その解の一つとして「空飛ぶクルマ」があげられるとすれば、ベンチマークとなる対策の現状や課題等を踏まえて、社会が必要としている運航条件・機体性能の明確化して行くことが必要と考えられます。
 - スライド 4 では、官民協議会の趣意書で挙げられた空の移動に関する課題に対して、筆者が既存システムの問題や留意点をまとめたものです。
- 官民協議会で議論されている「空飛ぶクルマ」には、様々な前提や側面があります。
 - スライド 5 では、海外のレポート等で議論されているFlying Car, Flying Taxi, Urban Air Mobilityの定義をまとめ、前スライドで既存システムの問題（経済性、社会需要性、高密度運用、利便性）とされた項目とどう対応するのかを提示したものです。
 - 今、我々が考えている「空飛ぶクルマ」が、社会が必要としている価値を生み出せるのものなのか、関係者間でのビジョンや理解や言葉の標準化を行っていく必要があり、そのたたき台として本スライドを用意いたしました。
- 「空の移動革命」「空飛ぶクルマ」に向けて、日本の官民関係者が協力し議論すべき最大重要項目として、「空域管理」「機体の安全確保」の仕組みの構築が挙げられる、さらにこの二つは電波の管理と密接に関わってくる項目であると東京大学とJUTMは考えています。
 - スライド 6、7 に、「空域管理」「機体の安全確保」の仕組みに関する、世界での認識、議論を整理しました。こうした議論を日本の関係者と優先して取り組んで行くことを提案いたします。
- 最後に、官民協議会では2018年中にロードマップの策定を目指していますが、「空の移動革命」は、実現の難易度と実現のためのステップを考慮し、下記のような項目／フェーズに分けて関係者とその革命達成のためのロードマップ議論をして行くことが効率的ではないかと考えています。
 - 既存の有人機技術を有効に利用した空の移動革命 (Phase I)、ドローンの技術や利用範囲を拡張していく空の (モノの) 移動革命 (II)、空飛ぶクルマによる移動革命 (高度に自動化 (III)→ 遠隔操縦で飛行 (IV)→ 自律飛行 (V))
 - スライド 8、9 はロードマップ整理案を提示しています。

今年度中にまとめられるロードマップや関係者間の議論が、以上のような「空の移動革命」の多面的な論点（1、2、5）、そして官民協議会の体制を活かした挑戦的提案の可能性（3－4）を踏まえたものになるよう貢献していきたいと本資料を作成いたしました。関係する資料等のご提案、大歓迎いたします。

1. 「空の移動革命」って何？

「空の移動革命」はどうして必要なの？	背景	災害大国・高齢化社会・地方過疎化・人口減少			
	目的	国民の生活向上		経済活性化	
	課題	災害・緊急時の迅速な救急搬送や物資輸送 ¹	離島や山間部での人やモノの移動活性化 ¹	都市部での人やモノの移動活性化 ¹	世界の成長の我が国への取り組み ^{1,3}
	求められる革命	- 迅速 - 高密度に災害／緊急時に対応できる移動／輸送手段	- 最低限の社会インフラ投資 - 低コスト／低人員なサービス維持管理で実現可能な公共サービス、その他の移動／輸送サービス、個人用移動手段	- 効率的 - 高密度 - 低環境負荷（騒音、排出ガス、CO₂）で実現可能な公共サービス、その他の移動／輸送サービス、個人用移動手段	世界で社会実装に向けて議論が高まり、さらに他分野への波及効果も期待される“空飛ぶクルマ”産業での - 完成機 - 部品 - 支援システム(管制等)事業競争力の獲得
	ベンチマーク	既存機（ヘリコプター等）で対応する場合の課題			自動車産業等と航空機産業の違い
	既存システムの課題、または革命に向けた留意点	- 数が足りない（平時での維持管理が難しい） - 複数の運用ルールや支援システムが十分でない	経済性 利便性 高密度運用での安全性 社会受容性 - 維持管理費が高く高価格（VFR のため悪天候に対する欠航、等） - 利便性が不十分（離発着場への制限） <new> ドローンとの衝突不安	- 維持管理費が高く高価格（天候、運用範囲／頻度／制限が既存機に不向き、等） - 利便性が不十分（離発着場への制限） - 地域住民からの拒絶（安心、騒音） <new> ドローンとの衝突不安	- 安全を利用者に証明するための哲学とデータを揃え「型式証明」という形で外部に発信する必要性 - 国際的なルールづくりの場が存在 - 巨額開発資金を必要とし、長期間の開発／資金回収

空飛ぶクルマが解ではないという意見も

Nakamura & Suzuki (2018) UTokyo & JUTM

2. 「空飛ぶクルマ (eVTOL)」って何？

しかし本当の高維持管理費の要因は人が乗るための安全性の確保であり、新技術でどこまで下がるか。落ちてもし残れる安全構造の確保は別視点で重要。

・従来のヘリコプターの課題を解決する新しい垂直離発着機

経済性

社会受容性
(環境性含む)

高密度運用
での安全性

利便性

単に従来のヘリコプターを電動化するだけで効率を求めるのではなく、**ヘリの維持管理費を高くする原因**となっていた複雑なローター機構を削除し、分散型電動推進機構を持つ。長距離の移動や高速移動をする場合には非効率なヘリコプターに**固定翼を装備する場合も**。静音性や**低排出ガス**に留意⁴。またパラシュートシステム装備や大量生産を前提とするものが多い⁵。

高度な自動化や遠隔操縦または自律飛行機能により、パイロットの負担、パイロットの確保の負担を軽減または不要にするもの。また、高密度、高効率な運用がルールの整備や管制システムの革新により期待されるもの。

社会受容性に関する性能の向上にあわせて、離発着場・飛行に関するルールの変化、さらに経済性の向上と合わせてビジネスモデルが革新されることで確保。

・今「空飛ぶクルマ」が実現されると期待される理由は？⁵

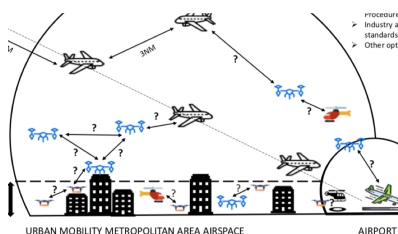
ドローン産業の台頭で飛行制御技術が発展している	複合材構造の機体の大規模／低コスト製造技術が発展している	バッテリー性能が向上している
小型で軽量、高出力、低コストなコンピュータの出現している	機械学習の発展が衝突回避技術や運航管理能力の向上につながる	モバイルデバイスやクラウドネットワークの発展で新配車サービスが実現可能

そのほか、シェアエコへの理解や、自動化・無人化への理解が社会で進む等

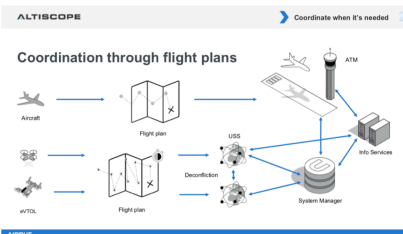
3. 「空の移動革命」、運航面での大きな課題

既存VFR機の利用拡大の鍵も「空飛ぶクルマ」の前提も、“自動化・高度な統制管理”。それを実現する丁寧な道すじ議論が必要

・安全で効率的に「既存VFR機」「空飛ぶクルマ」を運用するために整備が必要な空域利用ルール・新しい管制の仕組み^{5,6,7}



ドローン-従来のVFR機-「空飛ぶクルマ」の接近回避のための基準要件を作る必要 (ICAO Drone EnableにてWalker氏)⁶



共有空域では、飛行計画の調整をドローン-従来のVFR機-「空飛ぶクルマ」で行い接近回避 (ICAO Drone EnableにてPolastre氏)⁷

<コモンスカイ> 大都市上空を、安全・効率的に活用するため、空のユーザー間において計画段階から念密に調整・協調していく、しかし煩雑とは感じず身近に利用できるよう高度に体制化、自動化された“仕組み”を検討する国内の研究者／事業者の動き



Nakamura & Suzuki (2018) UTokyo & JUTM

接近回避のための仕組み

- ・ ドローンの登録
- ・ 従来機、ドローンも含めた位置情報の把握
- ・ 接近回避のための調整(管制)方法の整備 (制度化)
 - ・ 接近距離の定義
 - ・ 位置情報把握のための装備品標準化
 - ・ 新たなフライトルール (MFR⁷)
 - ・ UTMの整備・拡張とATMとの互換性確保
- ・ 接近回避および衝突回避の仕組みを可能にする**通信**インフラ・装備品の開発・標準化・整備

4. 「空飛ぶクルマ」開発／製造の世界や日本の課題

- 航空機の電動化・機体や推進機構・装備品のイノベーションの実現に必要な航空法の改定⁵と官民の取り組み

型式証明制度	米国	注釈
用途限定小型（ホビー、トレーニング機）	Light Sports Aircraft	世界数カ国（NZ, EU等）に存在。日本未導入
飛行機普通／回転翼普通	14 CFR, Part 23/ Part 27	N類
飛行機輸送／回転翼輸送	14 CFR, Part 25/ Part 29	T類

米国で現航空法への問題意識

- 耐空性審査は莫大な時間と費用が
→リスクが限られたLSAカテゴリーは民間標準の自主適合で審査の簡便化
- Part 23~は処方箋的で新しい技術に対応できない
→従来と同等の安全性を得るための要件を航空法で規定。要件を達成するための手段を提示する際に民間標準を活用する政策的枠組みが存在⁸

電動化や新しい装備品、さらに“ドローン型”など新しい形のもので有人機を開発するには、航空法の改定作業が必要

海外動向を踏まえての改定作業と審査解釈の標準化に並行して、ASTM International 等国際民間標準の理解が官民で望まれる

さらに地域性の反映や競争力のためには官民の粘密な戦略と、積極的な民間標準活動が重要

• 高度な自動化や遠隔操縦・自律飛行機能の実現について

- 国際民間航空機関（ICAO）にて無人機の計器飛行・国際運用に関する各種整備が進む（Annex 1 遠隔操縦者のライセンスは承認され、Annex 8 機体の耐空証明もこれから承認される⁹）
- 現行のソフトウェア認証（DO-178C）は、アジャイル開発のモノ／既に開発されたモノ／AIへの適用が難しい¹⁰

我が国のDo-178C対応能力の向上と新しい認証方法の開発が重要

Nakamura & Suzuki (2018) UTokyo & JUTM

7

5. eVTOLの実現だけが「空の移動革命」？

• 「今手に入る機体の活用する空の移動革命（Phase I）」ヘリコプターやビジネスジェットの国内の活用を考える

- 小型航空機を用いた航空運送事業に関する運航・整備基準の検討
- パイロット、整備士、地上係員、メーカーエンジニアの人材育成
- 社会受容性も加味した今後の機体開発や環境整備（Vertiport要件、新たな騒音基準等）企業信頼性獲得に期待される要件の検討

• 「ドローンの性能を拡張した空の移動革命（Phase II）」を可能にする制度設計、環境整備

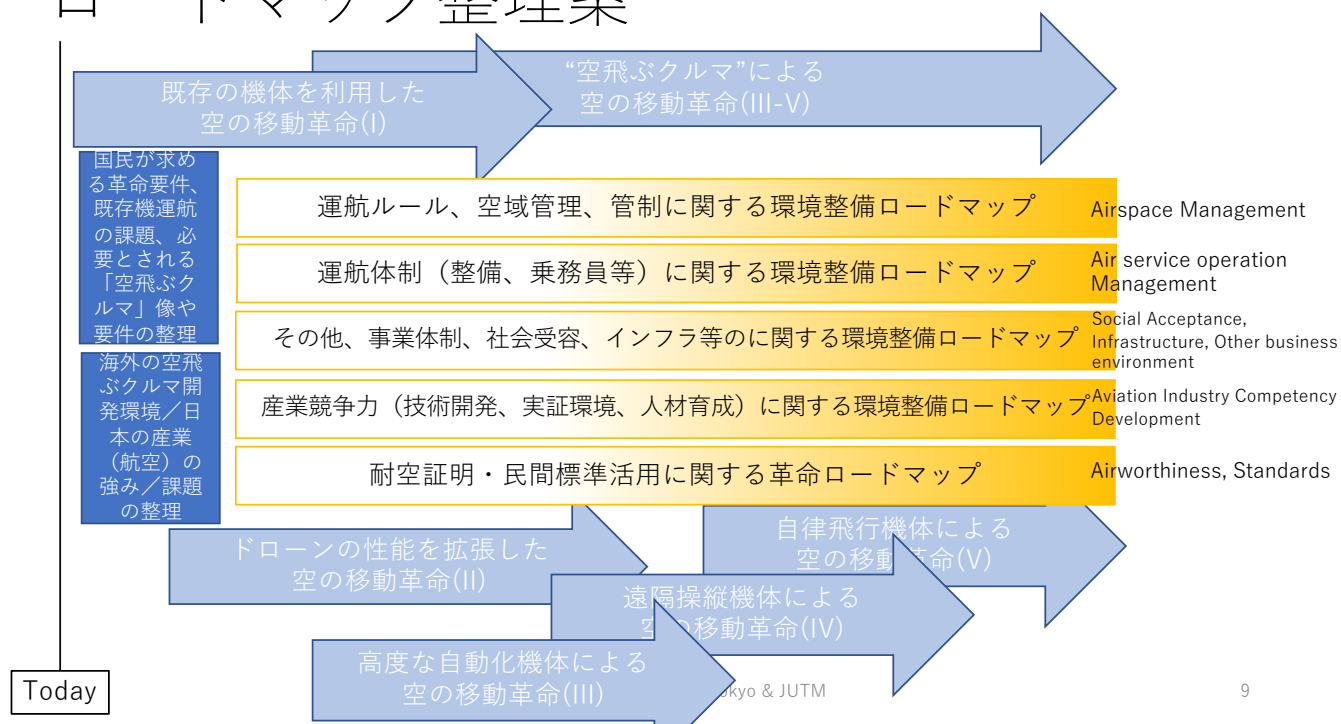
- 試験飛行・事業実証環境整備
- 保険制度
- 無人機の設計基準、ソフトウェア基準の整備
- UTM／通信環境の今後の拡張も踏まえた検討

• 「パイロットが搭乗する空飛ぶクルマの空の移動革命（Phase III）、遠隔操縦で飛行する空飛ぶクルマ（Phase IV）、自律飛行する空飛ぶクルマ（Phase V）」の実現を支える人材育成、官民組織体制の樹立

Nakamura & Suzuki (2018) UTokyo & JUTM

8

ロードマップ整理案



9

文中の参考文献: Reference

- 1) 経済産業省「空の移動革命に向けた官民協議会について」：
http://www.meti.go.jp/shingikai/mono_info_service/air_mobility/pdf/air_mobility.pdf
- 2) 全日本航空事業連合会「ヘリコプターの運航制限と低空域における運航実態 について」：
http://www.meti.go.jp/shingikai/mono_info_service/air_mobility/pdf/002_02_05.pdf
- 3) 東京大学「航空イノベーションに向けて」：<http://aviation.u-tokyo.ac.jp/eventfile/20140731TeigenAbst0.pdf>
- 4) Hirschberg 「The Future of Vertical Flight」:<https://vtol.org/files/dmfile/hirschberg-heliexpo-2018-final.pdf>
- 5) The MITRE 「Urban Air Mobility Landscape Report」:https://www.mitre.org/sites/default/files/publications/pr-18-0154-4-urban-air-mobility-landscape-report_0.pdf
- 6) Walker, "Urban Mobility UTM/ATM Airspace Configuration":<https://www.icao.int/Meetings/DRONEENABLE2/Documents/Presentations/2-4-0%20Walker.pdf>
- 7) Polastre "Air taxis, drones, and planes: Safe integration in dense and complex airspace ":<https://www.icao.int/Meetings/DRONEENABLE2/Documents/Presentations/1-3-3%20Polastre.pdf>
- 8) ASTM International "ASTM Standards for Light Sport Aircraft Course Notes", LSA-MNL-1-2 Version 1.2., 2014
- 9) Cary, "ICAO Drone Enable International Harmonization":
<https://www.icao.int/Meetings/DRONEENABLE2/Documents/Presentations/1-1-1%20Cary.pdf>
- 10) Rester, "Risk-Based Alternatives to the DO-178C Software Design Assurance Process", 2015 IEEE/AIAA 34th Digital Avionics Systems Conference (DASC)

東京大学スカイフロンティア社会連携講座 Univ. Tokyo, Sky Frontier Research Initiative

- 国立学校法人 東京大学（総長：五神 真／以下、東京大学）、ヤマハ発動機株式会社（代表取締役社長 日高 祥博／以下、ヤマハ）、楽天株式会社（代表取締役会長兼社長 三木谷 浩史／以下、楽天）、株式会社日立製作所（執行役社長兼CEO:東原 敏昭／以下、日立）は、2020年代の都市部での運用や、大型ドローンを想定した次世代ドローンの社会実装に必要なビジョン・ビジネスモデル、機体認証制度、産業戦略、AI等の先端技術適用等を産官学にて検討・推進することを目的とし、東京大学大学院工学系研究科にスカイフロンティア（Sky Frontier）社会連携講座を2018年10月1日に設立致しました。
- University of Tokyo, Yamaha Motor Co. Ltd., Rakuten, Inc. and Hitachi, Ltd. launched a research initiative for safe, efficient, and beneficial accommodation of drones and air mobility innovation to the society on 1st October 2018. We will lead cooperation among governments, industries, research institutes and academics and discussion of future sky visions, business model, industry strategy, airworthiness, and A.I application to safety critical systems.

Nakamura & Suzuki (2018) UTokyo & JUTM

11

日本無人機運行管理コンソーシアム Japan Unmanned System Traffic & Radio Management Consortium

- ドローンの利用拡大に必要な不可欠な、運行（空域）調整と電波調整の仕組み構築のために2016年8月に発足（研究会レベルでは2014年から活動開始）した、一般社団法人 総合研究奨励会下の民間コンソーシアム。現在190団体が参加。WG活動／福島RTFでの大規模実証、ISOなど国際標準活動を通して、各種調査、検討、検証、提案を行なっている。さらに無人移動体画像伝送システムの運用調整システムの運営も行っている。
- JUTM is a consortium launched in July 2016 (originally; study group since 2014) for safe operation and wide introduction of unmanned systems. The scope is Traffic and Radio management and it is not limited to aerial but also ocean and ground vehicles. About 190 companies, institutes and agencies.

Steering Committee	Industry	全日空 ANA Holdings, ドコモ NTT Docomo, 日本郵便 Japan Post, 日立 Hitachi, スバル SUBARU, ヤマト運輸 Yamato Holdings
	Academia	東京大学 University of Tokyo
	National Institute	産総研 National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST), 情報通信研究機構 National Institute of Information and Communications Technology (NICT), 宇宙航空研究開発機構 Japan Aerospace Exploration Agency (JAXA), 電子航法研 Electric Navigation Research Institute (ENRI)
	Municipality	福島県 Fukushima Prefecture (Observer)