

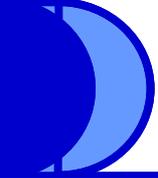
日本の空域における次世代エアモビリティ のための運用環境前提の検討



2022/6/16 電子航法研究所 第22回研究発表会

○ 虎谷 大地 (海上・港湾・航空技術研究所 電子航法研究所)
小手川 達也 (General Atomics Aeronautical Systems, Inc.)

運航管理データのご提供にご尽力いただきました，航空局運用課，及び航空交通管理センターの関係各位に感謝いたします。



1. 研究背景と目的
2. 課題とアプローチ
3. 利用データ
4. 装備品状況
5. 交通密度分布
6. まとめと今後の展望

1. 研究背景と先行研究

新たな空域利用者の登場

- 次世代エアモビリティ（無人航空機*1，RPAS*1，空飛ぶクルマ*3）の導入・研究開発が活発に進められている。
- 次世代エアモビリティは以下の点において従来の航空機と異なっている。
 - 操縦士が機体に搭乗しない
 - 比較的低高度を飛行することがある
 - 装備品が異なる
- 既存の航空機の運用環境に次世代エアモビリティが混在すると、空の安全を担保できない可能性がある。



Source: <https://www.ga-asi.com/>



Source: <https://www.dji.com/jp>



Source: <https://www.jobyaviation.com/>

*1: 無人航空機：ドローン， small Unmanned Aircraft Systems (sUAS) と呼ばれる

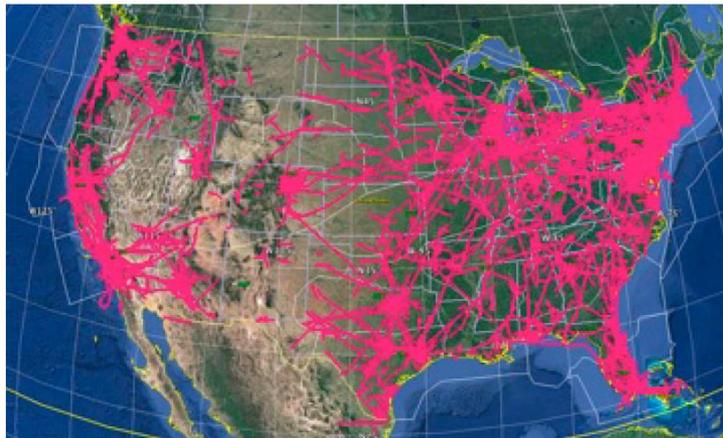
*2: RPAS: Remotely Piloted Aircraft Systems, 無操縦者航空機

*3: Urban Air Mobility (UAM), Advanced Air Mobility (AAM), electric Vertical Take-Off and Landing (eVTOL) と呼ばれる

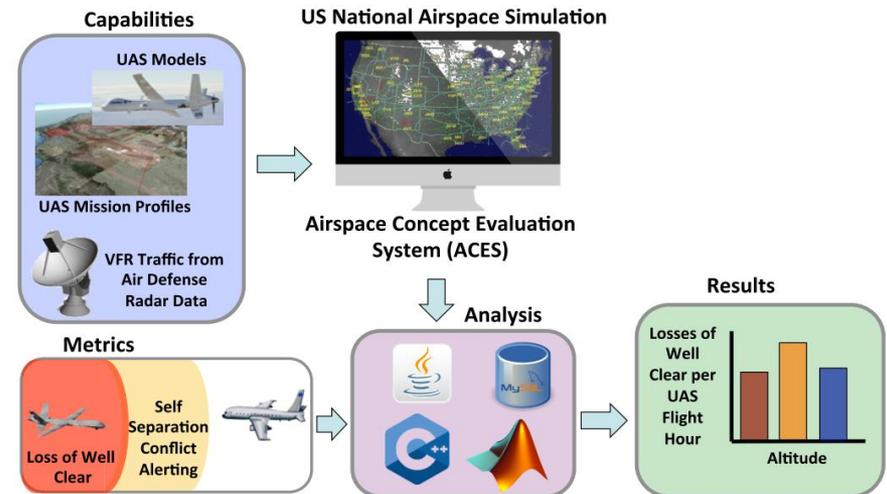
1. 研究背景と先行研究

先行研究

- 米国ではRPAS導入に向けて、RTCAによりOSEDが作成された。
 - 空中衝突リスクの推定
 - 操縦士の目視を代替するDAA システムの性能要件検討 等
- RTCAのOSEDは米国の空域を前提としているため、日本へのRPAS導入を検討するためには、日本の空域を前提としたOSEDを別途定義する必要がある。
- 同様の検討が小型ドローンに対しても試みられているが、低高度の航空交通の把握に課題があった。



M. Johnson et al., 2014. M. Johnson et al., 2015.

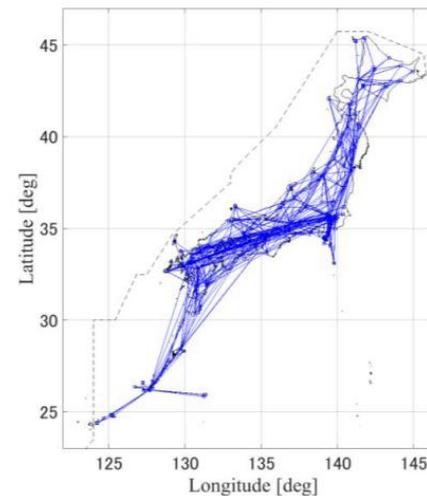
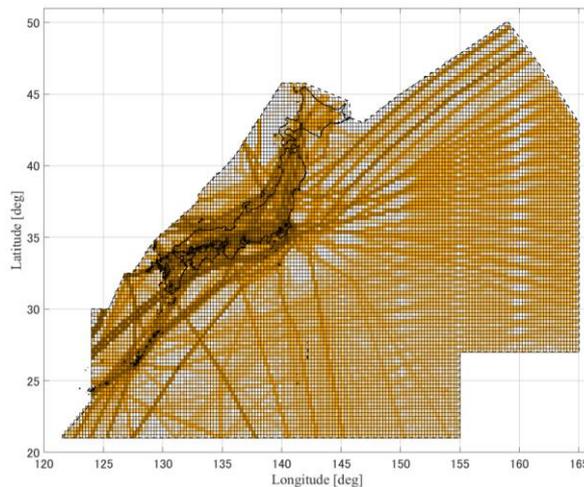


RTCA: Radio Technical Commission for Aeronautics
OSED: Operational Services and Environment Definition, 運用環境前提

先行研究

- 発表者らはRPAS導入に向けて、日本の空域を対象としたOSIED構築を行った。
- IFRで飛行する航空機に関しては十分な情報を得ることができたが、VFRで飛行する航空機に関する情報が不十分であった。
- 次世代エアモビリティの導入促進のためには、OSIEDの整備が不可欠。
- 次世代エアモビリティは比較的低高度を飛行することが多く、VFR機と接近遭遇する可能性が高い。

⇒ 日本におけるVFRで飛行する航空機の交通密度分布を調査



虎谷大地, 小手川達也, "無操縦者航空機の導入に向けた運用環境定義の検討," 2021.

2. 課題とアプローチ

- 先行研究では主に、レーダーデータを用いて交通密度分布を把握していた。
- 航空管制で主に用いられる二次レーダーでは、トランスポンダ等の装備状況や覆域の問題で、VFRによる飛行を把握することは困難。
 - ⇒ 飛行計画をベースとして、大まかな交通密度分布を把握
- 交通密度分布に加えて、航空機の装備品状況を調査する。
- 例えば、周辺を飛行する航空機がADS-B outを装備していれば、次世代エアモビリティがADS-B inを装備することで周囲の航空機を把握できる。
- VFRで飛行することが多いジェネアビのADS-B装備率は非常に低いが、日本のジェネアビは欧米に比べ、トランスポンダの装備率が高いと言われている。
 - ⇒ 装備品状況も調査することで、必要な装備品の議論を可能にする

VFR飛行計画

- データ収集期間は2018年度の35日間
- データセットについては「平林博子, ”運航管理データを用いた有視界飛行方式の飛行傾向分析,” 2020.」を参照.
- 諸外国ではVFRの飛行計画を網羅的に収集していないことが多いが, 日本においては出発地の半径9kmを超える飛行においては, 原則として飛行計画を提出する必要がある.

登録航空機一覧

- 「鳳文ブックス, “日本航空機全集 2022版,” 2022.」に記載のある航空機から, 大破や展示等により飛行実態が無い機体を除いたものを調査対象とする.

機体数ベースの装備品状況（全航空機）

	機数	割合 [%]
ADS-B	502	18.9
モードS	757	28.5
モードC	750	28.3
モードA	24	0.9
N	78	2.9
不明	543	20.5
計	2,654	100.0

飛行数ベースの装備品状況（VFRのみ）

	機数	割合 [%]
ADS-B	216	0.8
モードS	15,553	58.2
モードC	10,763	40.3
モードA	104	0.4
N	76	0.3
計	26,712	100.0

* 「N」は監視機器を搭載していないか使用不能
* 「不明」は参照情報から機体が発見できなかった

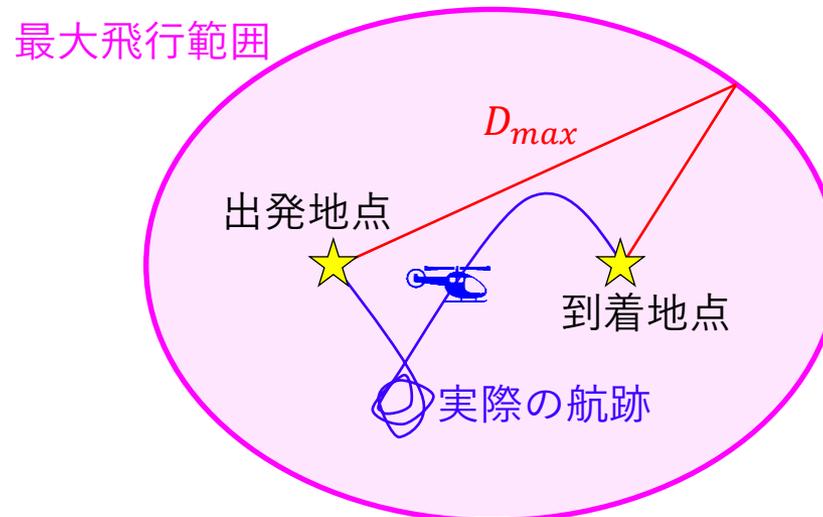
- Nの機体は全て滑空機であった.
- 固定翼ジェット機の機数が625機であり、ADS-B装備機の大半はVFRで飛行しない機体であると考えられる.
- 飛行数ベースでは、ADS-B装備機、及びモードAやNといった装備品が不十分な機体は非常に少ないことが分かった.

！ この結果は2018年度の飛行計画を基にしていることに注意

5. 交通密度分布

飛行範囲の推定

- 飛行計画をベースに交通密度分布を推定するが、VFR飛行計画は緯度経度によって定義されたウェイポイント等で記述されておらず地名がテキストで記述されており、計画経路を一意に推定することが容易ではない。
- 以下の方法で大まかな飛行範囲を推定する。
 - i. 出発・到着地点を国土地理院のジオコーディングで緯度経度に変換
 - ii. 実際の飛行時間と計画速度から最大飛行距離 D_{max} を推定
 - iii. 下の図の方法で最大飛行範囲を推定



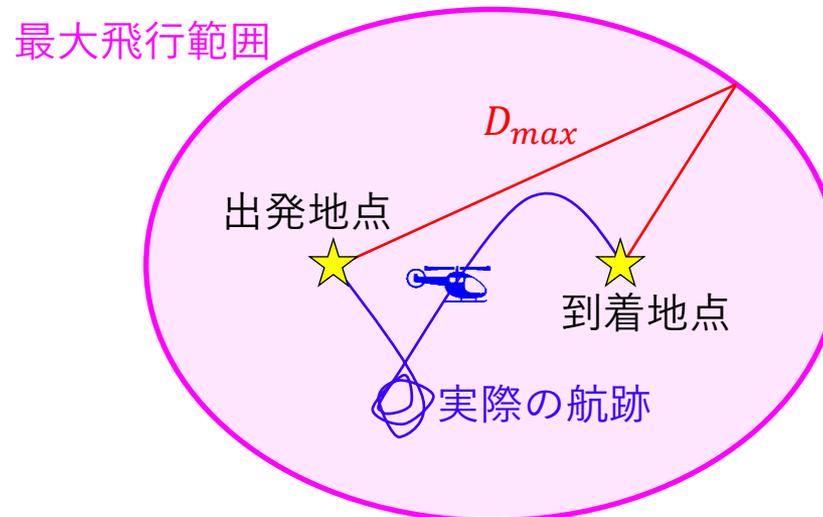
飛行範囲の推定

- 実際の飛行時間のデータが無いフライトに関しては、予定飛行時間に下記の係数を乗じた値を実際の飛行時間とする。

$$\text{飛行時間係数} = \frac{\text{実際の飛行時間の平均}}{\text{予定飛行時間の平均}}$$

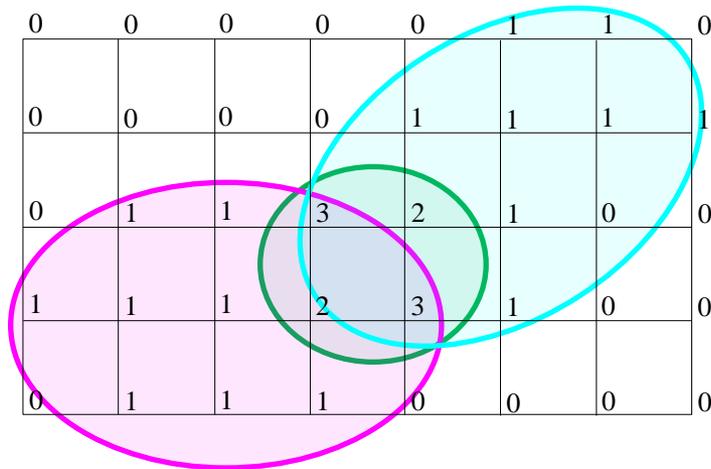
なお、この係数は滑空機、回転翼機、固定翼レシプロ機、固定翼ターボプロップ機、固定翼ジェット機という区分ごとに算出した。

- VFR飛行計画では、多くの場合飛行予定高度は記載されていないため、高度方向の交通密度は推定しない。



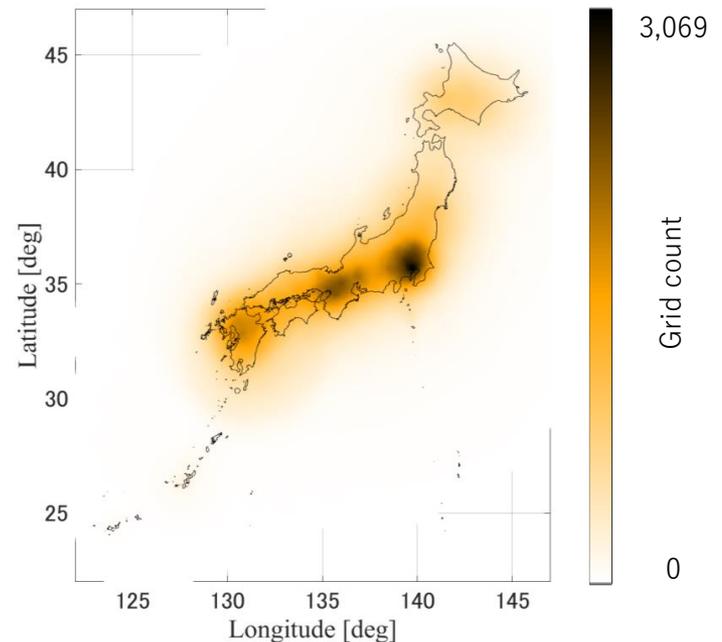
飛行範囲の推定

- 緯度経度を0.1度ごとのグリッドに区切り，VFR飛行計画から推定した最大飛行範囲の内側に入るグリッド数をカウントする。



最大飛行範囲とグリッドカウント

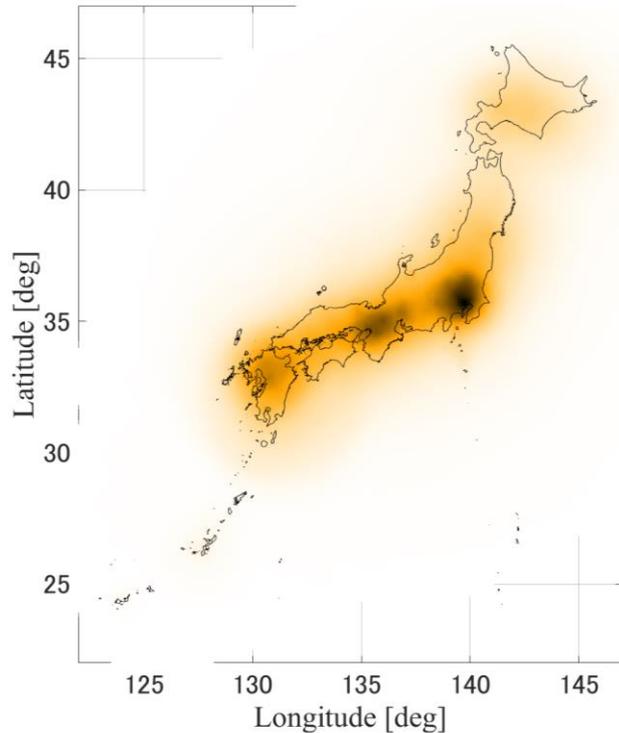
VFR全データの交通密度分布



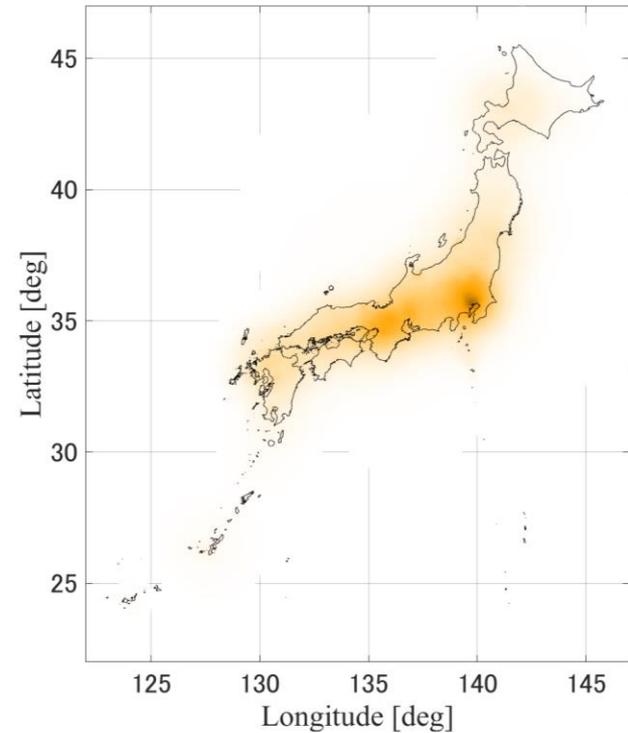
- VFRの交通密度は関東地方が最も高く，次いで名古屋から神戸のエリア，九州北部が高い。

VFR交通密度分布の分析例

VFR全データの交通密度分布



ヘリコプタのみの交通密度分布



- ヘリコプタの飛行数は全体の約3/4であったが、固定翼に比べると飛行範囲が狭いため、グリッド数は全体の約1/3であった。
- 関東地方、次いで名古屋から神戸のエリアの交通密度が高い。

まとめ

- 次世代エアモビリティ導入に向けた、低高度のOSD作成について検討を行った。
- VFR飛行計画を用いて、VFR機の交通密度分布、及び装備品状況を調査した。

今後の展望

- 最新のデータを用いて交通密度分布と装備品状況を更新する。
- 一部、レーダーデータを用いて、交通密度分布を緻密化する。
- 各次世代エアモビリティの想定飛行経路を作成し、空中リスクの推定を行う。
- 必要であれば装備品の検討を行い、空中リスク緩和策を議論する。