

空港近傍における次世代航空モビリティの運用環境検討

2025/6/13 第25回電子航法研究所研究発表会

電子航法研究所 虎谷大地，平林博子，佐藤岳（航空交通管理領域）

古賀禎，河村暁子（監視通信領域）



1. はじめに
2. UAMの想定
3. UAMの離着陸
4. 低高度動態情報共有システム
5. まとめ

1. はじめに



研究背景

- 近年，ドローンやAAMといった次世代航空モビリティの研究開発が進められている。
- 都市部で飛行するAAMはUAMと呼ばれ，空港・都市間交通サービスとしての利用が期待されている。
- 大規模な空港には既に，旅客機をはじめとした既存の航空機が離着陸している。
⇒ 新たに多数のUAMが離着陸するために，交通管理やCNSの観点から工夫が必要



Source: Joby Aviation HP



Source: SkyDrive HP



Source: Archer Aviation

AAM: Advanced Air Mobility

UAM: Urban Air Mobility CNS: Communication, Navigation and Surveillance (通信・航法・監視)

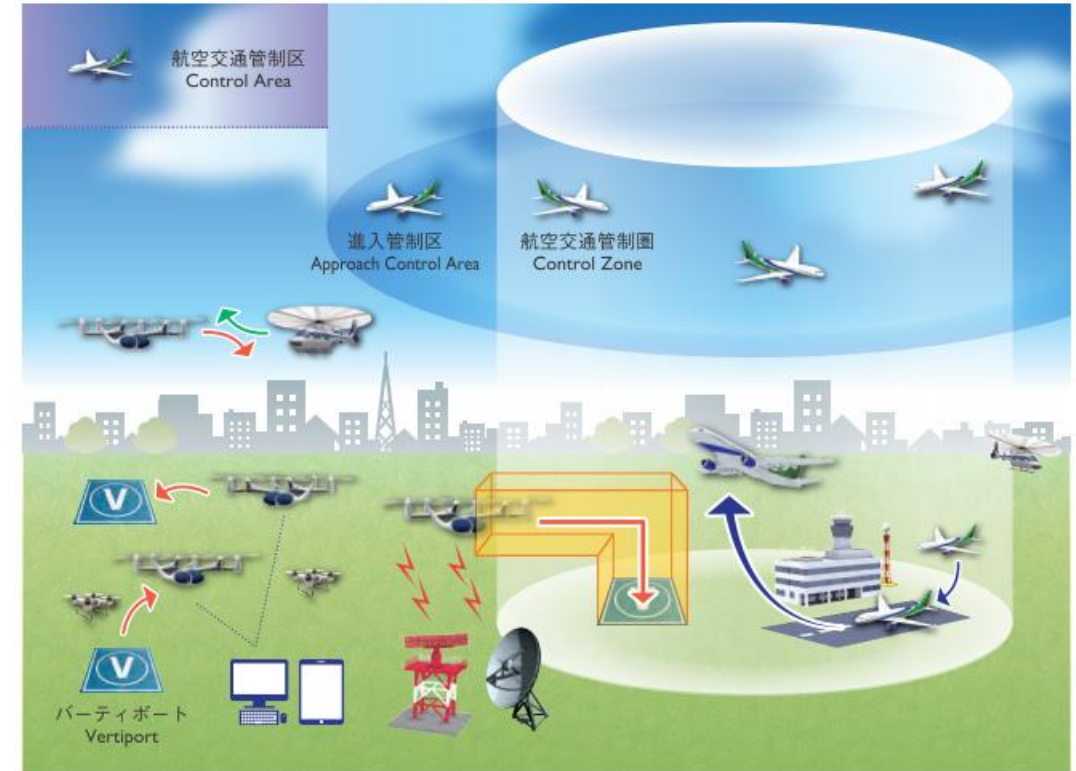
※AAM/UAMは空飛ぶクルマやeVTOL (Electric Vertical Take-Off and Landing) とも呼ばれる。



1. はじめに

研究目的

- UAMは既存の航空機と比べて低高度を飛行するとされている.
 - 低高度においては, 基本的に操縦者の目視に従って飛行するVFRによる飛行が行われてきた.
 - 今後のUAMの飛行数増加に向けて, 低高度における交通管理やCNSといった, UAMの運用環境を整備していく必要がある.
 - UAMは現時点において商業飛行可能な機体が存在しないので, どのように飛行するかは不透明…
- ⇒ 現時点において入手可能な情報を基に, **近い将来における混雑空港へのUAMの離着陸方法, 及びその運用を支える低高度監視技術**について提案する.



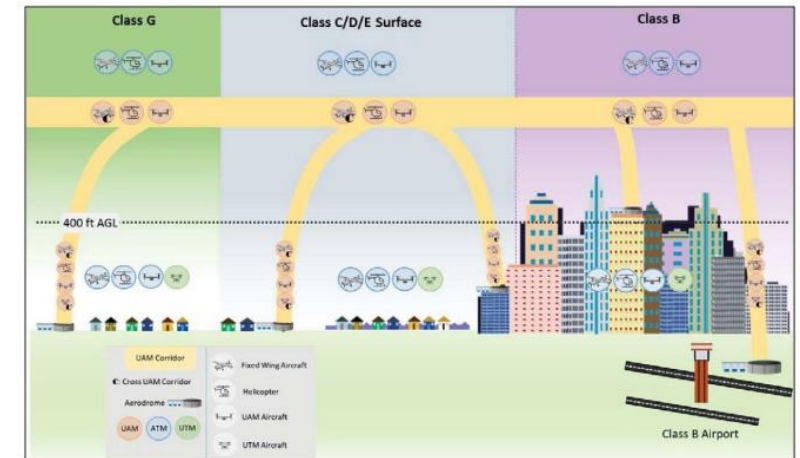
VFR: Visual Flight Rules (有視界飛行方式)

2. UAMの想定



UAMの機体・飛行の想定

- 現在，UAM の商業飛行は行われていないが，本研究では近い将来に以下のような機体が飛行することを想定する.
 - 操縦者が搭乗して操縦する.
 - 基本的にVFRで飛行するが，一部UAMのための特別なルールも使用される.
 - ADS-B in/outを装備する.
 - ヘリコプタと同程度の飛行性能を有する.
- 本研究（近い将来）においてコリドーは想定しない.
 - UAM がコリドー内を飛行しすることで，既存航空機と分離されることが期待されている.
 - コリドーを設定しただけでは UAM がコリドーから逸脱しない保証は無く，UAM がコリドーに沿って飛行可能な仕組みを作るためには長期間の議論を要すると考えられる.



FAA, “Urban Air Mobility (UAM) Concept of Operations,” 2020.

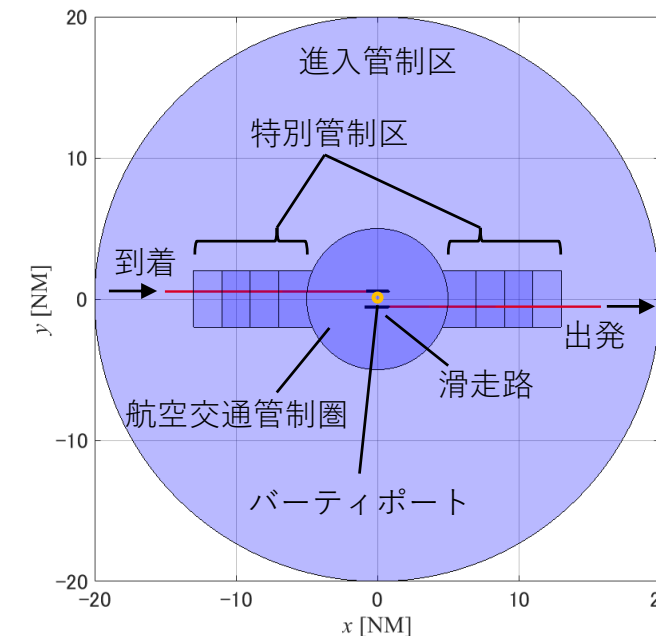
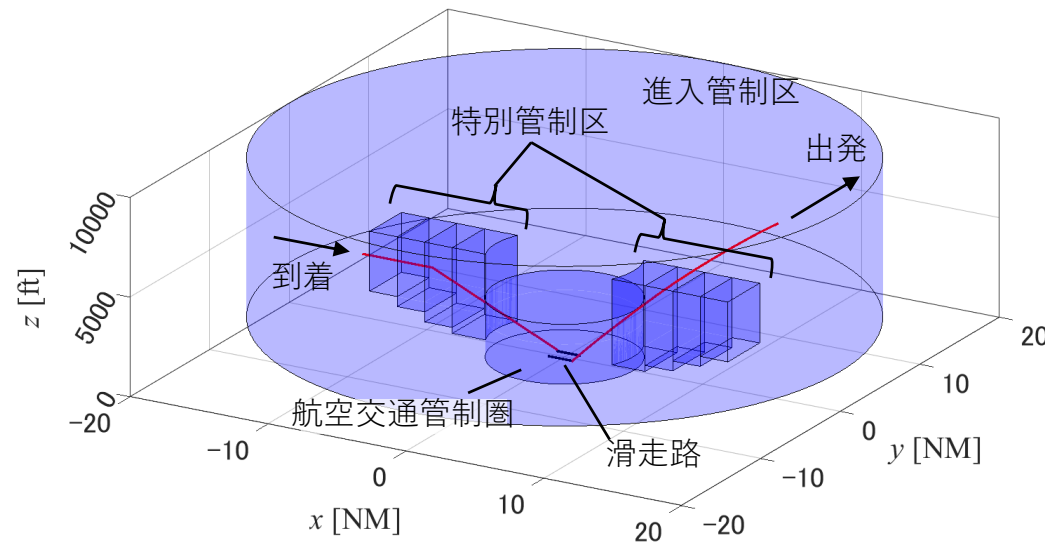
ADS-B: Automatic Dependent Surveillance–Broadcast（放送型自動従属監視）

2. UAMの想定



飛行空域の想定

- 1組の平行滑走路を持ち、IFR機が頻繁に離着陸する混雑空港と周辺空域を想定。
- 同時平行進入・出発は考えず、各滑走路が到着・出発専用として独立運用されていると仮定。
- バーティポートは旅客機等との接続性を考慮して、平行滑走路の間に配置。



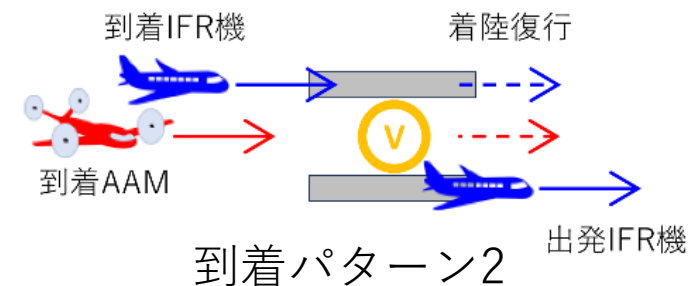
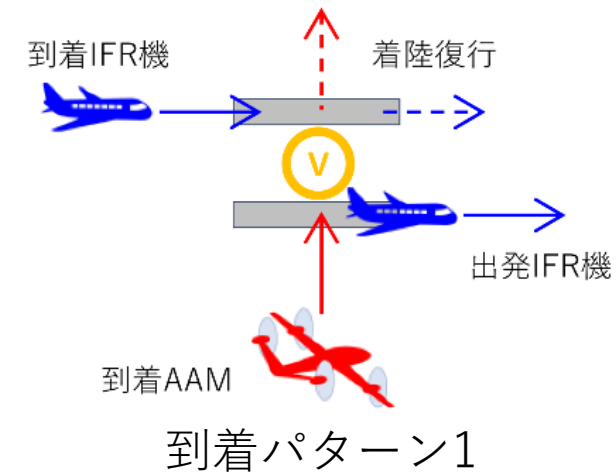
IFR: Instrument Flight Rules (計器飛行方式)



3. UAMの離着陸

UAMの到着方向

- 平行滑走路の間のバーティポートへUAMが離着陸する場合、UAMがIFR機と対向すると相対速度が高くなり衝突のリスクが大きくなる。そこでUAMの到着方向は、主に以下の2パターンが考えられる。
- 到着パターン1：滑走路に対して垂直
 - 滑走路以外でUAMがIFR機と接近せずにアプローチすることができる。
 - UAMが滑走路を横断するので、滑走路がクリアな状態でしかUAMが着陸することができず、UAMの着陸前に空中待機が発生する可能性がある。
- 到着パターン2：到着IFR機と平行
 - IIFR機が連続して着陸している状況であっても、UAMもアプローチすることができる可能性がある。
 - IFRであれば同時並行進入が整備されているが、UAMに関しては要検討。

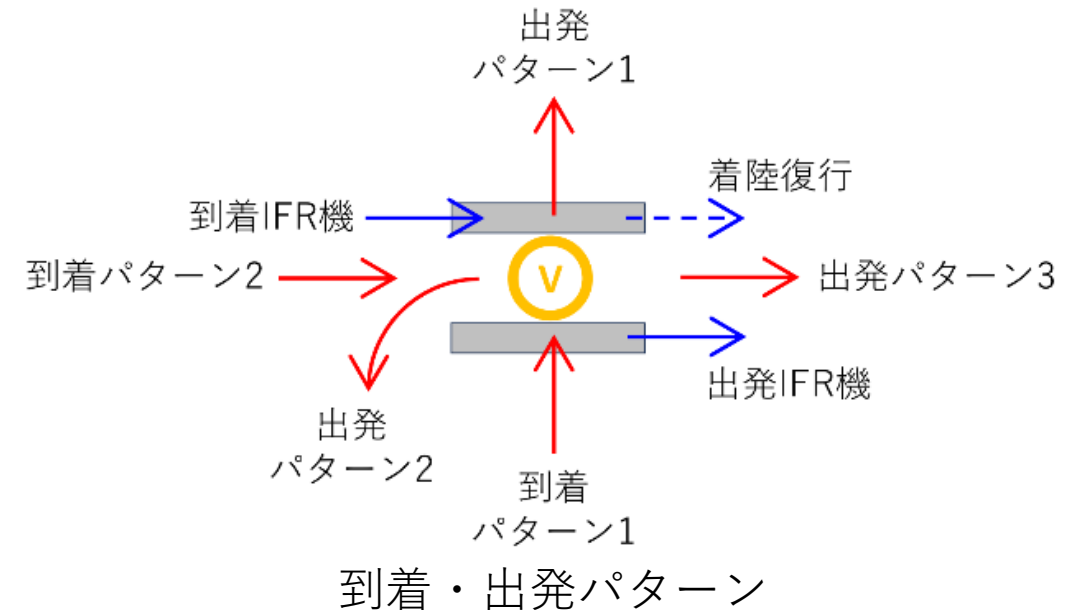
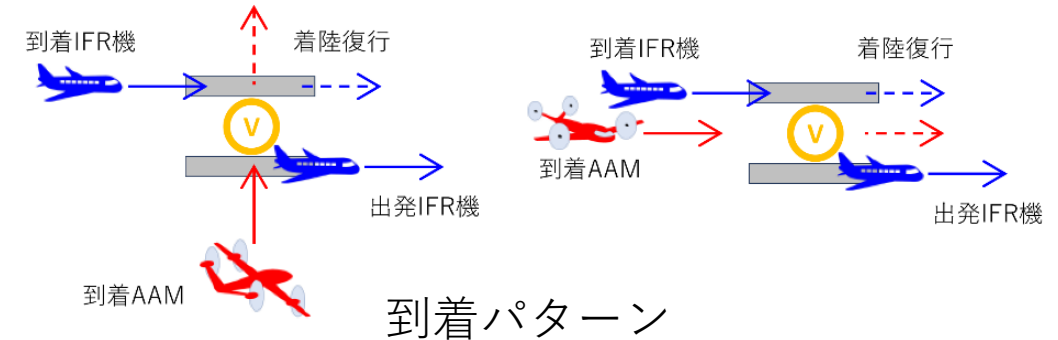


3. UAMの離着陸



UAMの出発方向

- 出発に関しては、主に以下のパターンが考えられる。
 - 出発パターン1：滑走路に対して垂直
 - 出発パターン2：出発IFR機の後ろを通過
 - 出発パターン3：出発IFR機と平行
- 到着・出発各パターンに利点と欠点があり、具体的にどの空港に導入するかによって、実現可能な選択肢が変わる可能性がある。
 - ⇒ 実現性の高いパターンをあげておき、各パターンの利点・欠点を洗い出しておくことが重要。

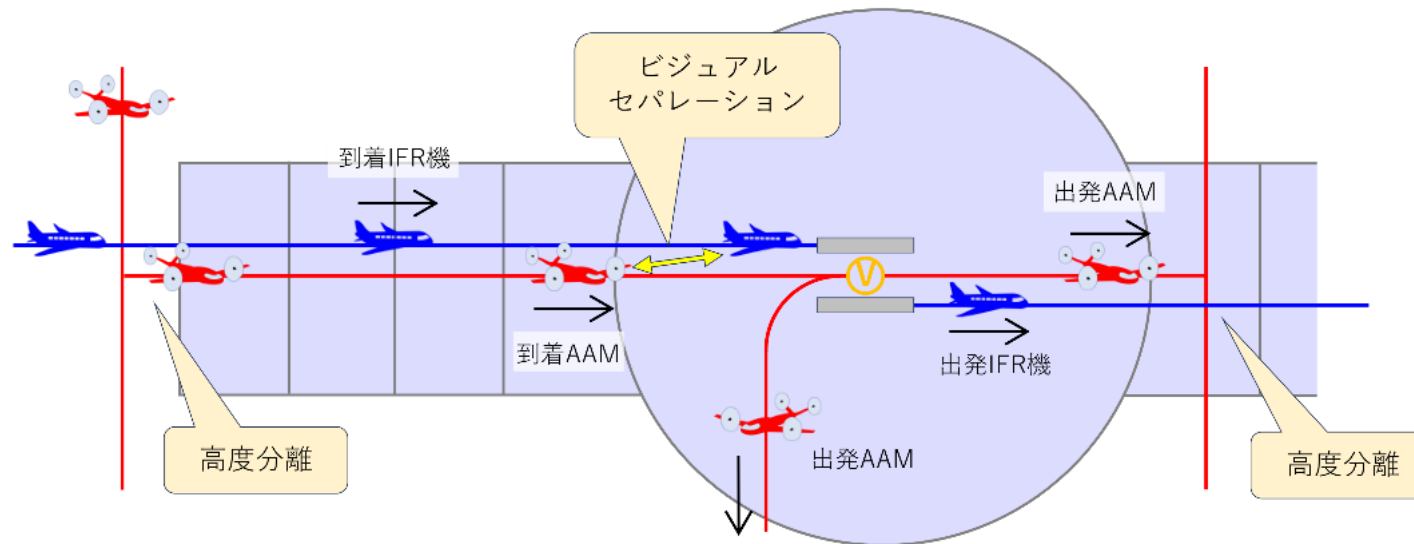


3. UAMの離着陸



空港周辺におけるUAM運用イメージ

- ここまでで議論した到着・出発パターンを組み合わせた、空港周辺におけるUAMの運用イメージの一例を示す。（到着パターン2，出発パターン2, 3を使用）
- UAMが様々な方面へ行き来できるよう到着・出発経路を設定している。
- UAMの経路はIFR機の経路と一部交差しているが，UAMはIFR機に比べて低高度（1,000 ft程度を想定）を飛行するため，基本的にはIFR機と高度分離が可能であると考えられる。

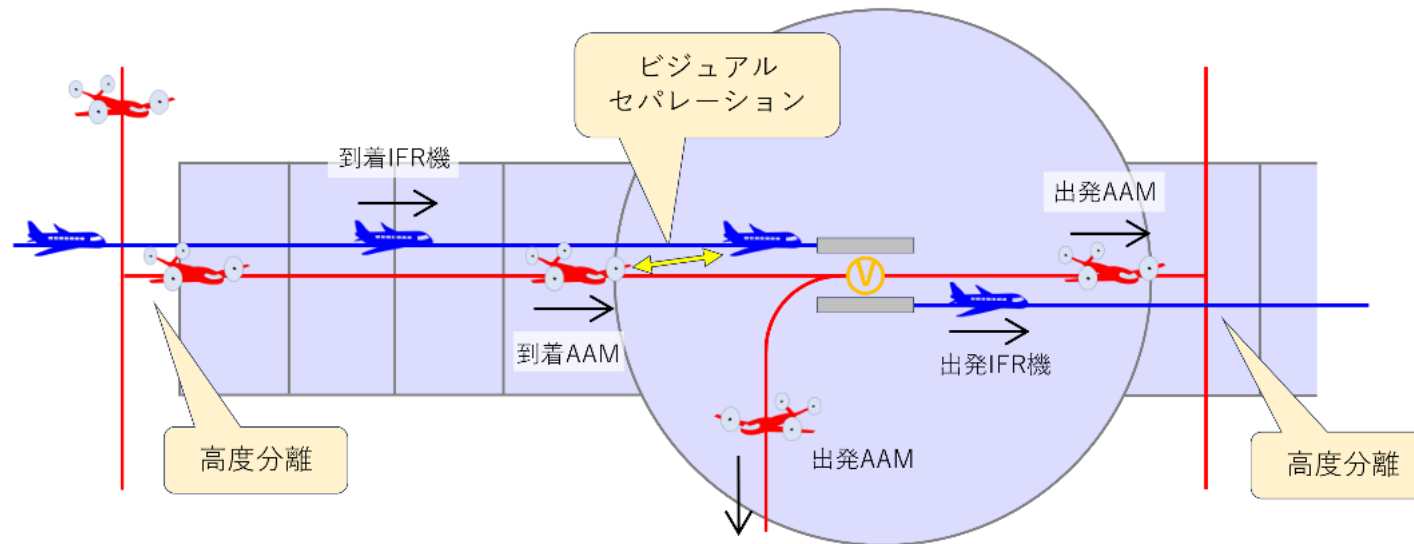


3. UAMの離着陸



空港周辺におけるUAM運用イメージ

- 滑走路とバーティポートの手前では、一部IFR機とUAMの水平・垂直距離が非常に近くなってしまう。
⇒ 近接平行滑走路に対する平行進入等を援用して間隔を保つことはできないか？
- IFR機とUAMは飛行高度・速度ともに異なるため、UAMのパイロットがIFR機を視認することは困難。
⇒ UAMの操縦者は周囲の航空機の動態情報を取得し、目視による間隔維持の支援に使用することが推奨される。





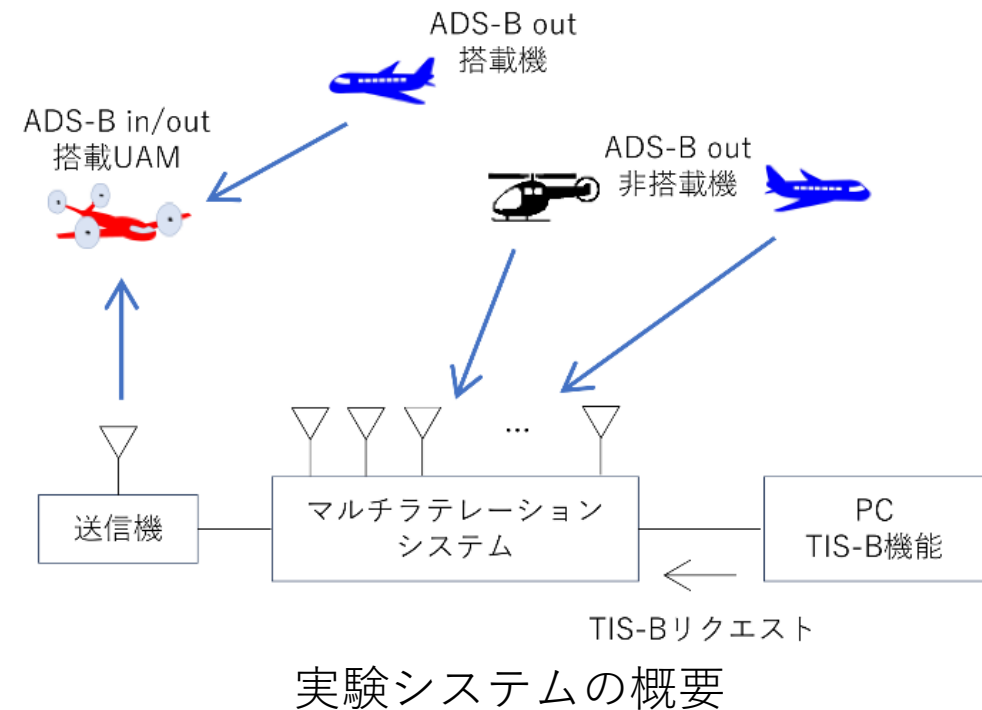
4. 低高度動態情報共有システム

Traffic Information Service–Broadcast: TIS-B

- UAMはADS-B in/outを装備すると想定されるので、周囲を飛行するADS-B out搭載機の動態情報を機上で取得することができる。しかしながら、一部のIFR機や多くのVFR機等はADS-B outを搭載していないため、UAMはこれらの航空機の動態情報を取得することができない。

⇒ 低高度の動態情報共有システムとしてTIS-Bを提案

- TIS-Bとは、地上監視システムで取得した動態情報を、1090 MHz信号で放送するシステムである。
- ADS-B out非搭載機の動態情報を、ADS-B in搭載機のターゲットディスプレイ上に表示することができる。
- 仙台空港に設置されているマルチラレーション実験システムにTIS-B機能を実装し、初期的な実験を行っている。



4. 低高度動態情報共有システム

動態情報の一例

- ADS-B out非搭載機（黄色）は本来ターゲットディスプレイ上には表示されないが、ADS-B out搭載機（緑色）同様、表示されている。
- 図のTIS-Bメッセージは地上の受信局で取得したものであるが、今後、航空機上のADS-B inでTIS-Bメッセージを受信する実験等を行う予定。
- TIS-Bの導入によって、UAMの操縦者が機上でより多くの周辺航空機の動態情報を取得できるようになり、混雑空港におけるUAMの離着陸を含む空港周辺における運用の実現に貢献することが期待される。



仙台空港で取得した動態情報の一例



- 近い将来において、UAMが滑走路近傍のバーティポートへ離着陸するパターンを検討した.
- 検討した離着陸パターンを基にUAMの空港周辺における運用イメージを示した.
- 上記のような運用を支える低高度動態情報共有システムとしてTIS-Bを提案し、初期的な実験結果を示した.

- 弊所HPにて、空港周辺におけるAAM/UAMの運用について、「空港周辺におけるAAMの飛行に関する将来展望」という文書を発行しています. 現在の第1版は初期的な内容ですが、今後、本発表の内容を反映した更新を予定しています.

<https://www.enri.go.jp/jp/research/organization/atm/aam.html>

