

# 航空機用高速インターネット実現に向けた アンテナシステム開発

---

2021/02/12

大倉 拓也

国立研究開発法人情報通信研究機構 ワイヤレスネットワーク総合研究センター 宇宙通信研究室

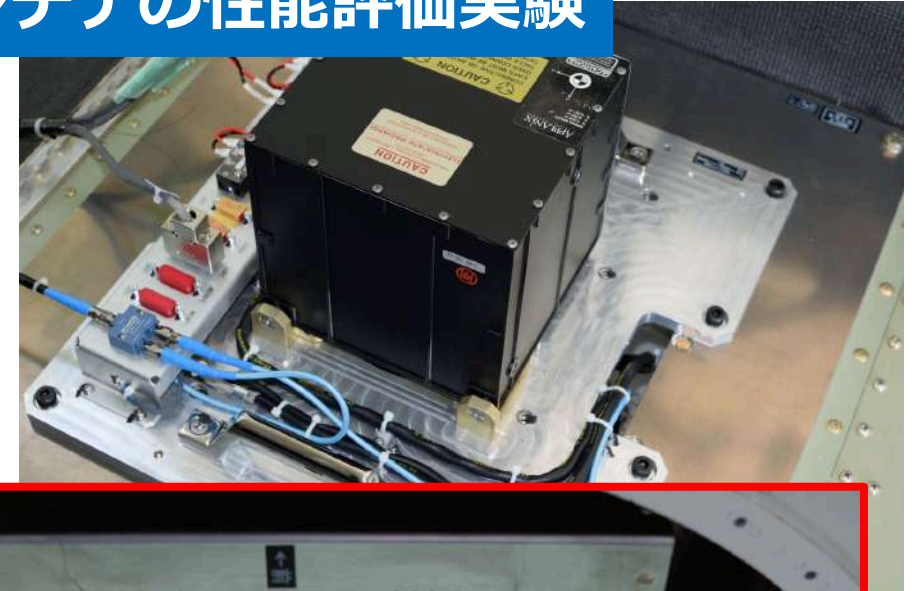
## 謝辞

本研究は、総務省「電波資源拡大のための研究開発（JPJ000254）」の「小型旅客機等に搭載可能な電子走査アレイアンテナ(AESA)による周波数狭帯域化技術の研究開発」で実施している。  
関係各位に深謝する。

現在、こんな評価実験やっています！

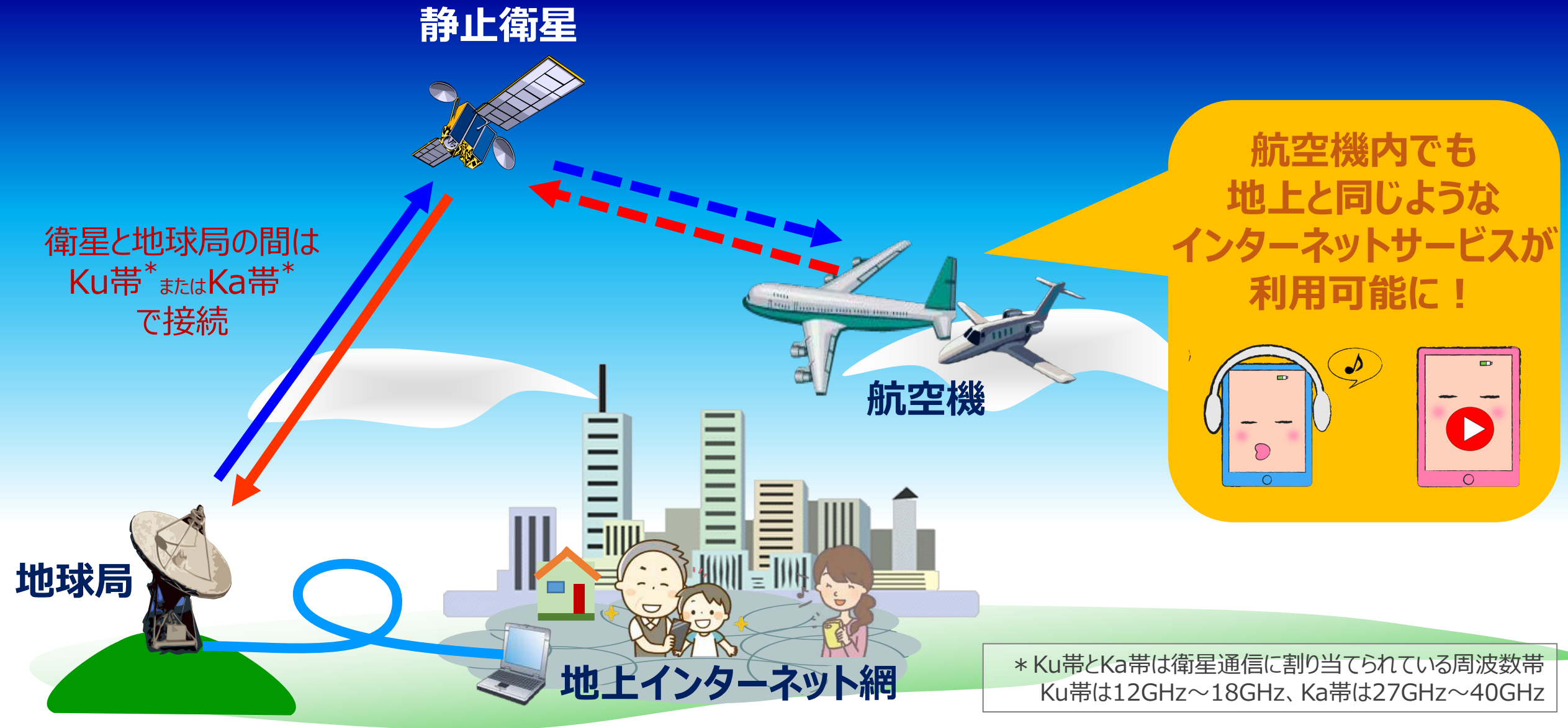
## 航空機を用いた送信用512素子アレイアンテナの性能評価実験

<https://cessna.txtav.com/en/turboprop/caravan>



送信用512素子アレイアンテナ

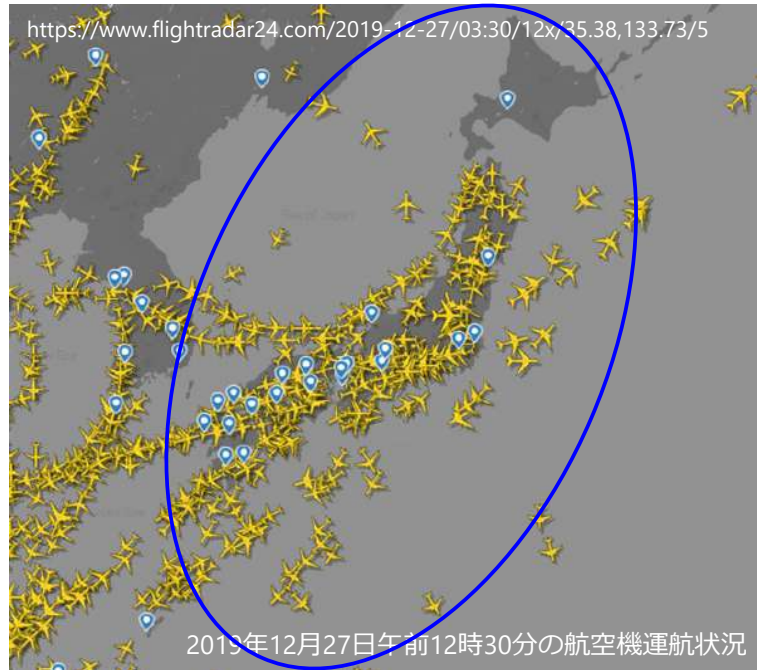
# 航空機インターネット（機内Wi-Fi）の仕組み





# 航空機での高速インターネットの実現に向けて

## Ku帯衛星（シングルビーム）



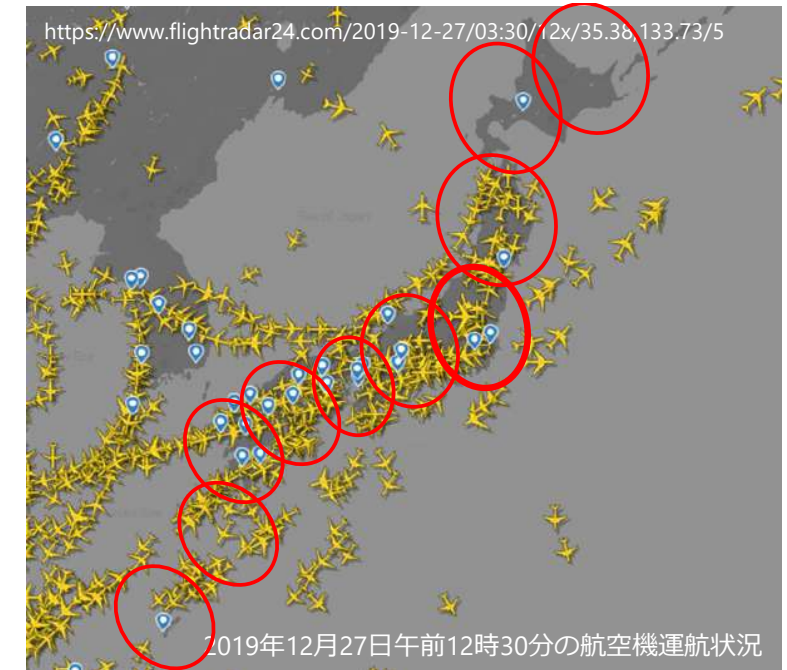
- ✓ 通信速度は1機あたり約10Mbps／1Mbps
- ✓ 一つのビームでエリア内の航空機と通信

高周波化・  
帯域幅の拡大

スポットビームによる  
高利得化

中継器の  
フレキシブル化

## Ka帯衛星（マルチビーム）



- ✓ 通信速度は1機あたり約40Mbps／4Mbps
- ✓ 複数ビームで各エリア内の航空機と通信

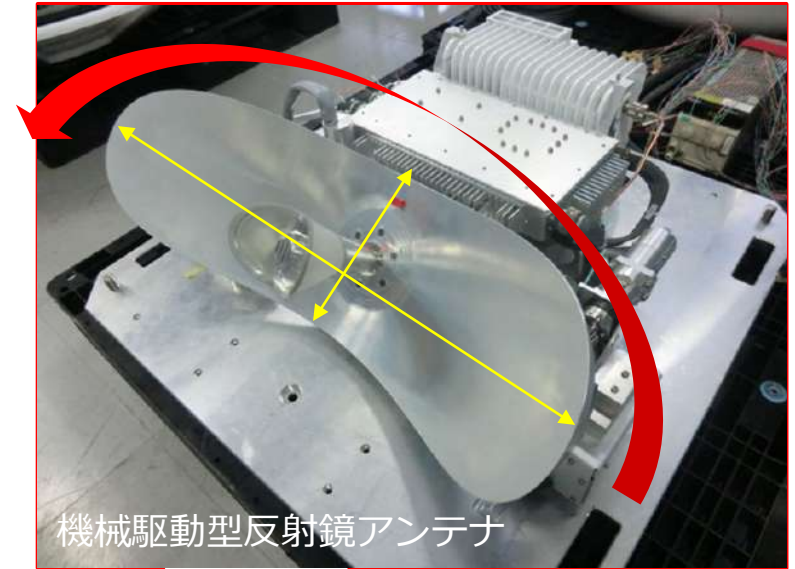
航空機インターネットのさらなる高速化の実現には・・・

**航空機搭載用通信アンテナの高性能化が必要不可欠**

# 航空機搭載用通信アンテナの技術課題（主に小型・中型旅客機用）

## □ 従来アンテナ（機械駆動型）の問題点

- ✓ 通信性能の向上には開口面積の拡大が必要
- ✓ 開口面積は反射鏡のサイズに依存
- ✓ 反射鏡の拡大によりサイズが立体的に大きくなり搭載性が悪化
- ✓ 燃費の悪化と航続距離に影響



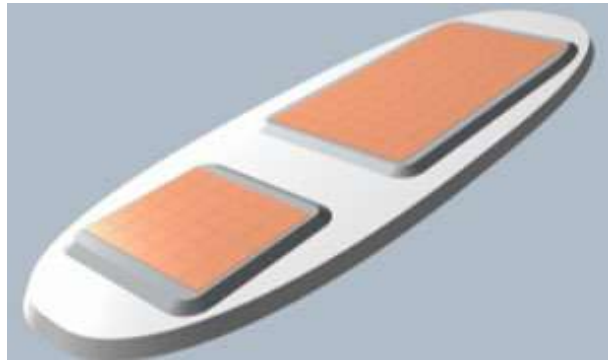
機体サイズに対しアンテナのカバーが非常に大きくなる

# 航空機搭載用電子走査アレイアンテナとその目標

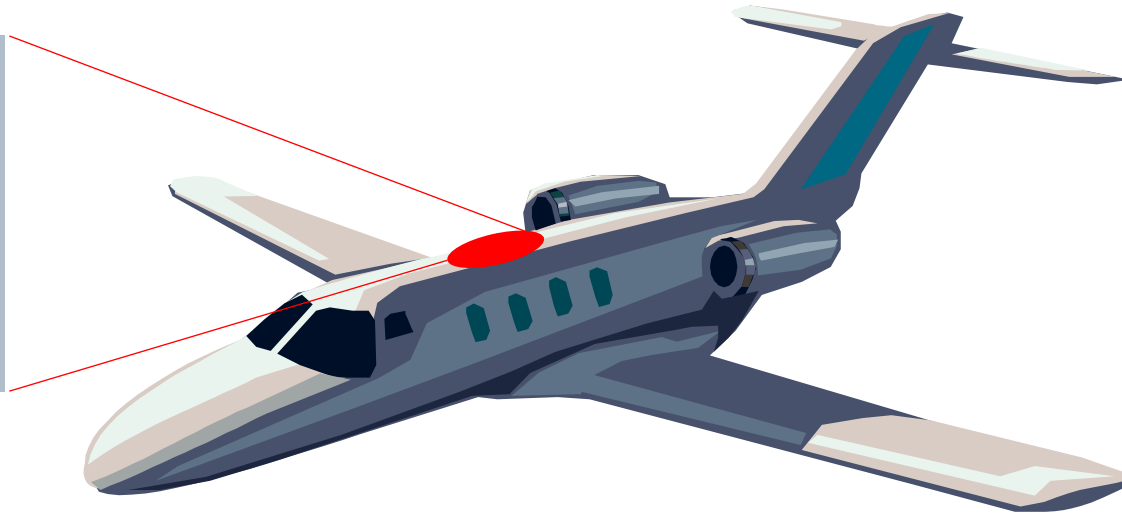
## □ 電子走査アレイアンテナ（平面アンテナ）の利点

- ✓ 電子的にビーム走査により衛星を追尾することが可能（機械的な駆動機構が不要）
- ✓ 通信性能を向上させるためにアンテナ開口面積を拡大しても高さが変わらない（立体的に大きくならない）

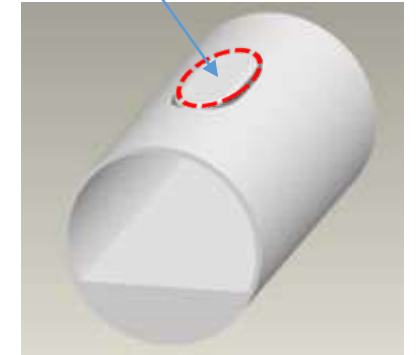
## 電子走査アレイアンテナ



各アンテナの振幅位相を制御  
することで任意の方向へ  
ビーム形成が可能



要求性能に応じて  
アンテナ面積を変更可能

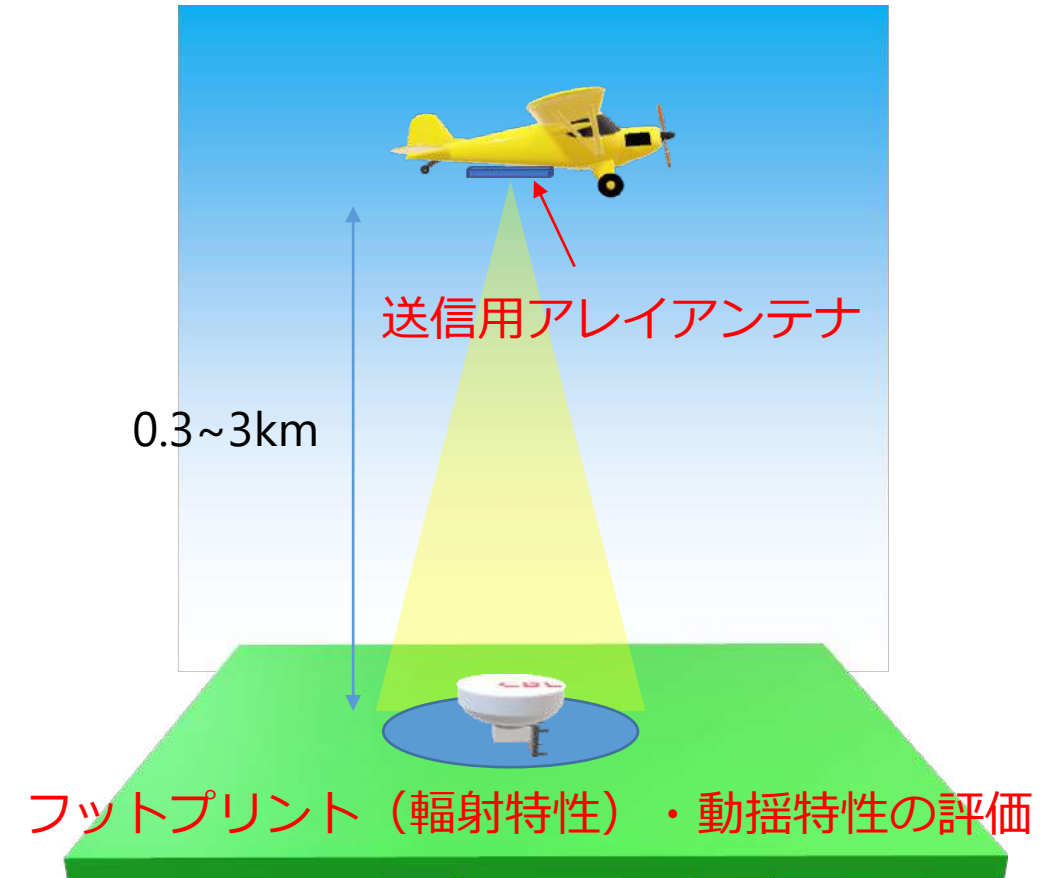
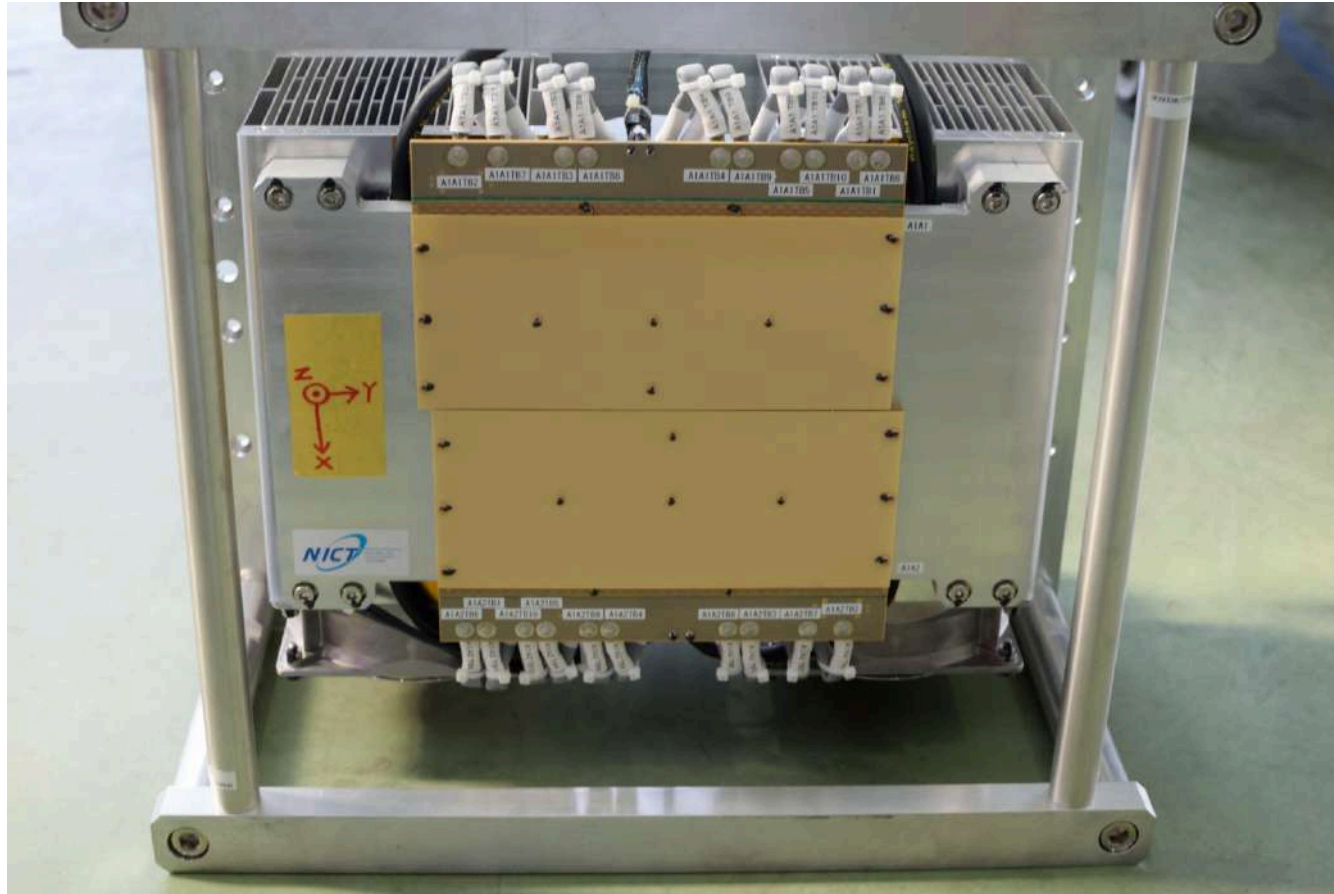


機体搭載イメージ

## 周波数資源の有効利用への貢献

- ✓ 航空機への搭載性を損なわず、薄型でスケーラブルな電子走査アレイアンテナ技術の確立
- ✓ 変調方式の多値化に対応可能なアンテナの実現により周波数利用効率を30 %以上改善

# 航空機を用いた送信用512素子アレイアンテナの性能評価実験

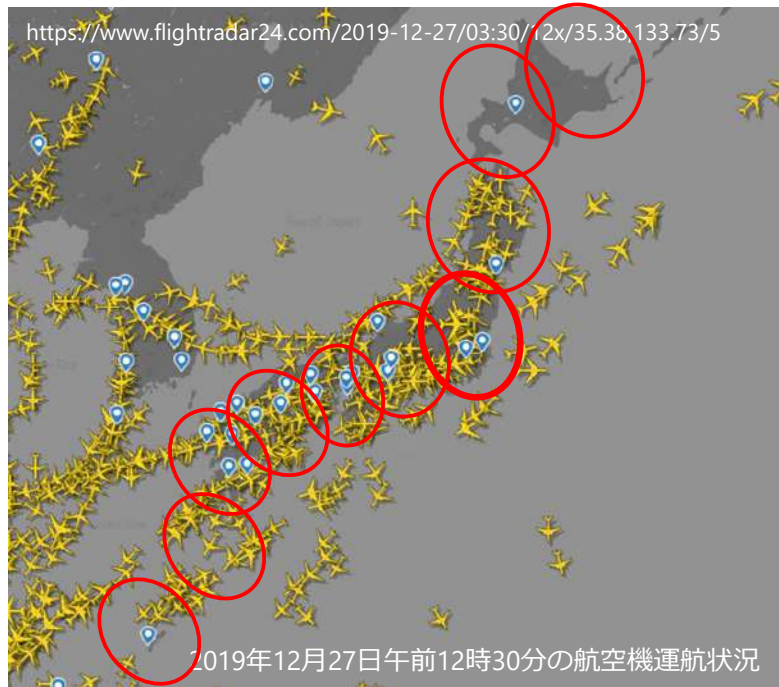
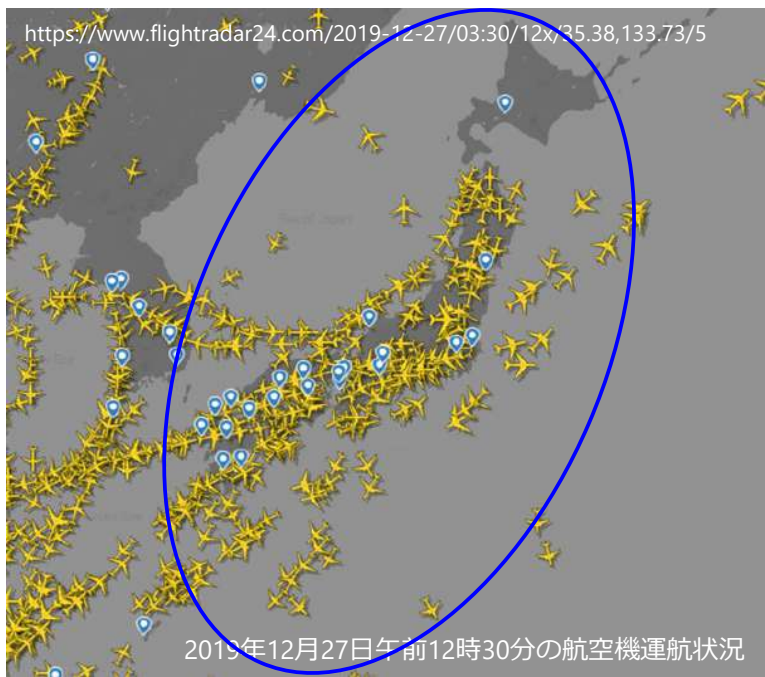


- 飛行高度：300m～3000m（小型航空機を想定）
- 飛行形態：直線飛行・旋回飛行・八の字飛行
- 評価項目：アンテナビームパターン、追尾特性、伝搬特性など（ITU-RやESIM規格への整合性を評価）

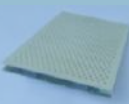
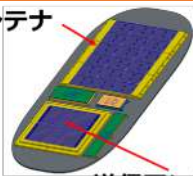
## 参考資料

---



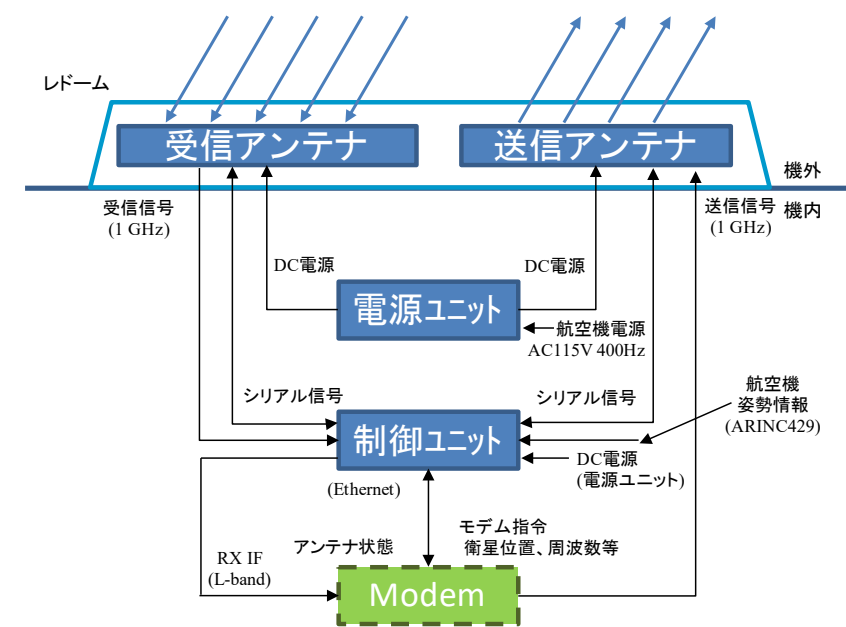
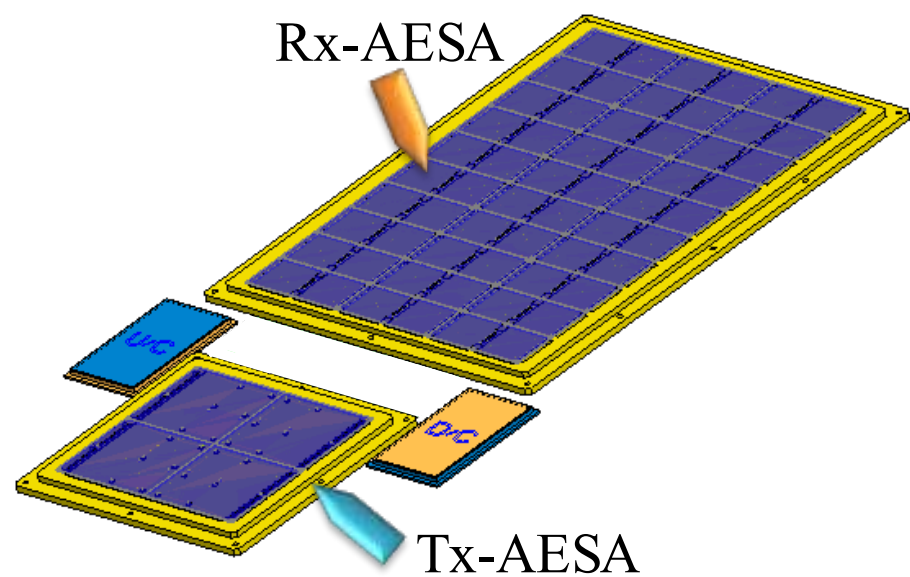


| Ku帯衛星                 | 項目                         | Ka帯衛星                 | Ka帯衛星 + AESA導入        |
|-----------------------|----------------------------|-----------------------|-----------------------|
| 約250機                 | 旅客機数/ビーム                   | 約50機                  |                       |
| 約40%                  | サービス搭載割合                   | 約40%                  |                       |
| 100機                  | サービス機数/ビーム                 | 20機                   |                       |
| 10Mbps<br>(QPSK, 2/3) | 所要情報速度/1機<br>(変調方式、FECレート) | 40Mbps<br>(QPSK, 2/3) | 40Mbps<br>(8PSK, 2/3) |
| 9MHz                  | 所要帯域/1機                    | 36MHz                 | 24MHz                 |
| 900MHz                | 所要帯域/ビーム                   | 720MHz                | 480MHz                |

|                            | Ku                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                              | Ka                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|----------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 楕円開口 or<br>平面アンテナ          |                                                                       | 高さ：24cm<br><b>三菱電機</b>                                                                                                                                                                       |   | 高さ：19cm<br><b>Astronics</b><br><a href="http://www.aerosat.com/products/aerosat%206400%20flyer10_2.pdf">http://www.aerosat.com/products/aerosat%206400%20flyer10_2.pdf</a>                                                                                                                         |
|                            |                                                                       | 高さ：21cm<br><b>Panasonic Avionics</b><br><a href="http://panasonic.aero/InFlightConnectivity/AntennaTechnology.aspx">http://panasonic.aero/InFlightConnectivity/AntennaTechnology.aspx</a>    |   | 高さ：20cm<br><b>Honeywell</b>                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|                            |                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                              |   | 高さ：21cm<br><b>Viasat</b><br><a href="http://www.dailywireless.org/2014/06/09/amtrak-building-broadband-wireless-network/">http://www.dailywireless.org/2014/06/09/amtrak-building-broadband-wireless-network/</a>                                                                                  |
| 軸対称アンテナ                    |                                                                       | 開口径：30cm<br><b>Viasat</b><br><a href="http://www.dailywireless.org/2012/04/10/viasat-light-aircraft-broadband/">http://www.dailywireless.org/2012/04/10/viasat-light-aircraft-broadband/</a> |     | 高さ：26cm<br>重量：29kg<br><b>NICT</b>                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|                            |                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                              |   | 開口径：30cm<br><b>Viasat</b><br><a href="https://www.viasat.com/sites/default/files/media/documents/vmt-1220he_helicopter_mounted_terminal_datasheet_016_web_0_0.pdf">https://www.viasat.com/sites/default/files/media/documents/vmt-1220he_helicopter_mounted_terminal_datasheet_016_web_0_0.pdf</a> |
| AESA<br>(近年市場参入<br>の動きが加速) |                                                                      | 高さ：7cm<br>(2016年)<br><b>Panasonic Avionics*1</b>                                                                                                                                             |   | ★開発中★<br>高さ：3cm<br><b>Phasor*3 (2017年)</b>                                                                                                                                                                                                                                                         |
|                            |                                                                     | 高さ：12cm<br><b>Thinkom*2</b>                                                                                                                                                                  |  | 高さ：5cm<br><b>Kymeta*4 (2018年)</b>                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|                            | <div>現時点で製品無<br/>本案件の開発目標</div> <div><br/>受信アンテナ<br/>送信アンテナ</div> |                                                                                                                                                                                              |                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |

\*1) <http://www.satellitetoday.com/telecom/2014/10/08/panasonic-boeing-lightweight-antenna-to-offer-ifc-reduced-emissions/>  
 \*3) <http://www.satellitetoday.com/technology/2013/10/18/phasor-solutions-demonstrate-ku-band-flat-satellite-antenna-system/>

\*2) <http://concourse.gogoair.com/technology/onboard-technology-makes-inflight-connectivity-possible>  
 \*4) <http://www.getconnected.aero/2015/09/just-will-kymetas-meta-material-antenna-work/>



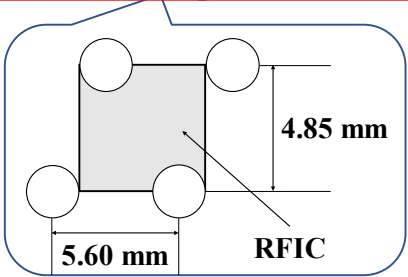
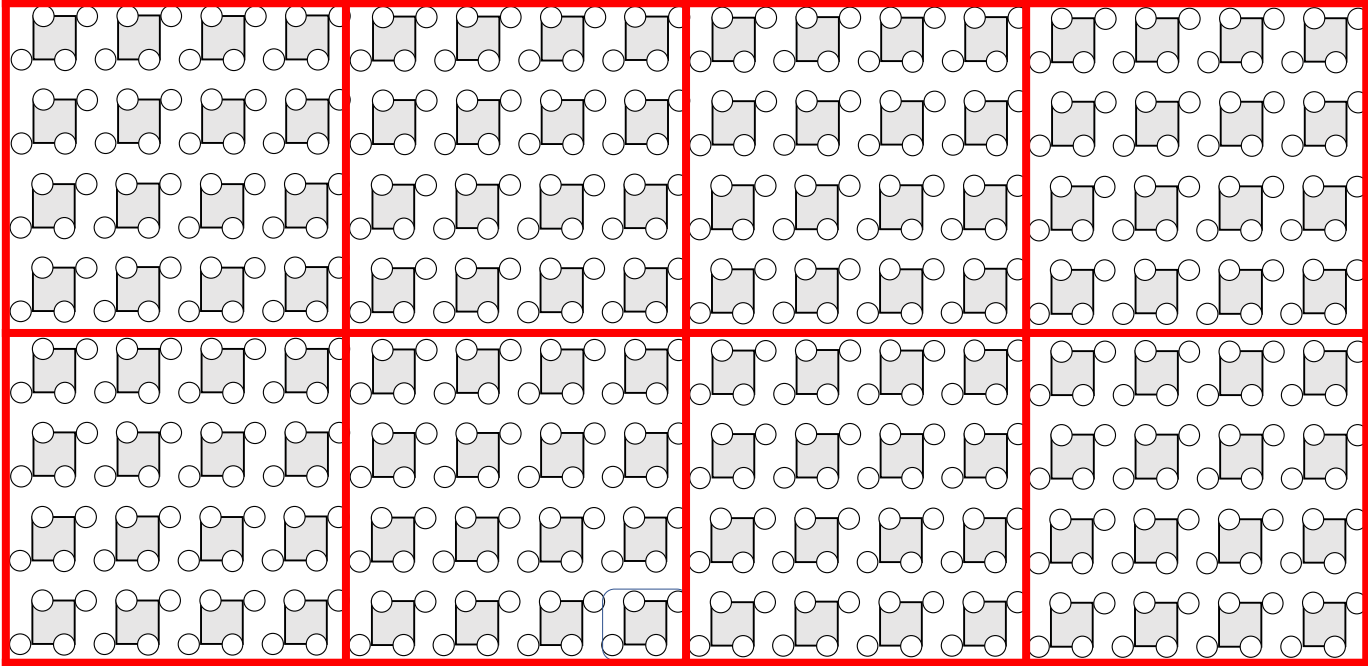
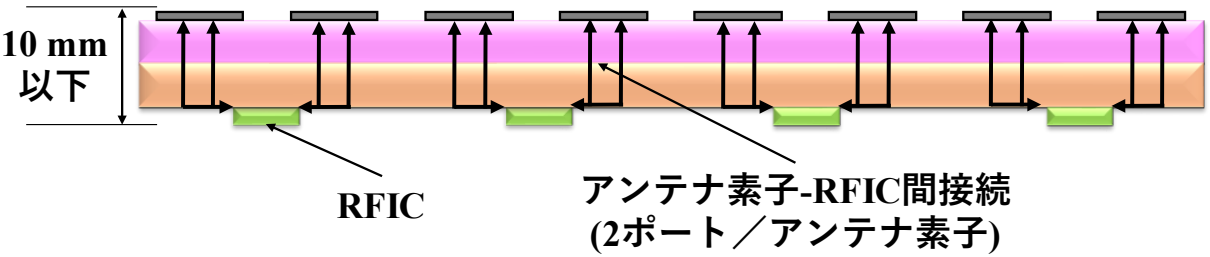
| 項目       | 目標値                    |                     |
|----------|------------------------|---------------------|
|          | 送信                     | 受信                  |
| 周波数帯域    | 29.5 GHz - 30.0 GHz    | 19.7 GHz - 20.2 GHz |
| 瞬時帯域幅    | 100 MHz以上              |                     |
| 変調方式     | 8PSK以上                 |                     |
| EIRP・G/T | 44 dBW以上@仰角30 deg      | 10 dB/K以上@仰角30 deg  |
| 軸外輻射     | ITU-R ESIM規定に準拠        |                     |
| 偏波       | 右旋円偏波、左旋円偏波切替え可能       |                     |
| 仰角範囲     | 下限：30deg以下<br>上限：90deg |                     |

[illegible]

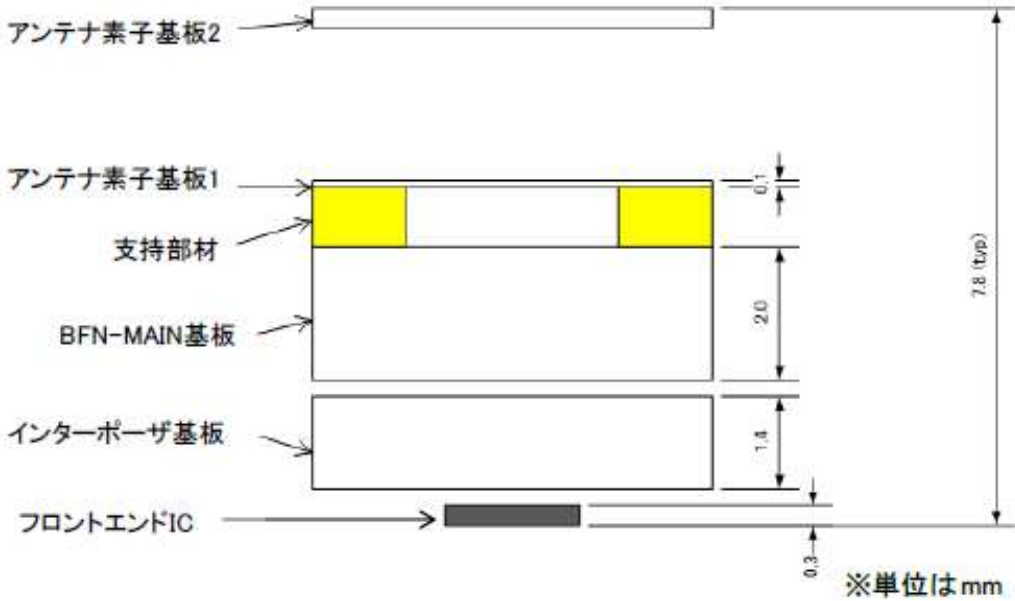


# 512素子アレイアンテナの設計：素子配置と基板構成

| 項目                       | 仕様                |
|--------------------------|-------------------|
| アンテナ素子間隔                 | 5.60 mm × 4.85 mm |
| 基板厚(放射、増幅、位相／偏波制御の機能を含む) | 10 mm以下           |



64素子アレイ  
アンテナ



- ✓ 64素子アレイアンテナをサブアレイとし、2×4で512素子アレイアンテナを形成
- ✓ 1サブアレイに8個のFE-IC

