

Ka帯移動体衛星通信の 電波伝搬の研究について

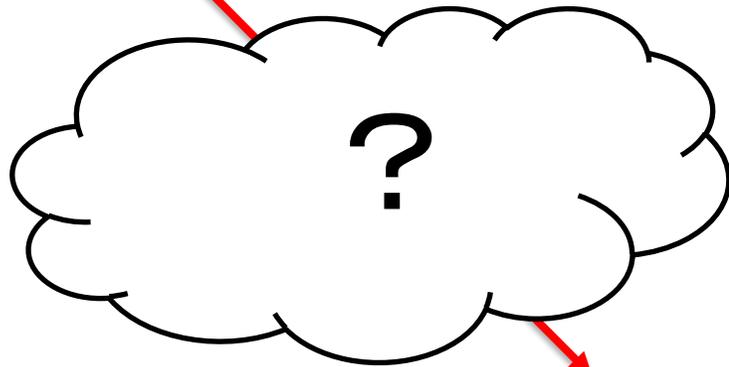
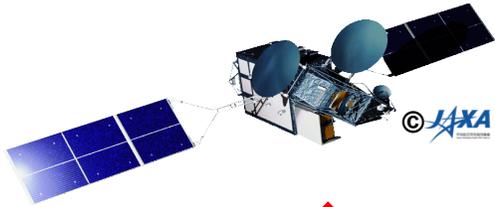
情報通信研究機構 宇宙通信研究室

菅智茂

NICT ワイヤレスネットワーク総合研究センター
オープンラボ2021 2021年2月12日

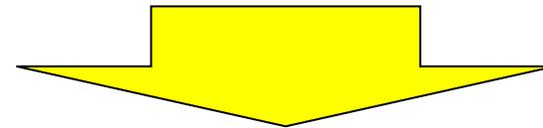
電波伝搬

- 電波がどのように伝わるか



自由空間伝搬損失
 大気や降雨による影響
 建物等による 反射、回折や遮蔽
 移動におけるドップラの影響

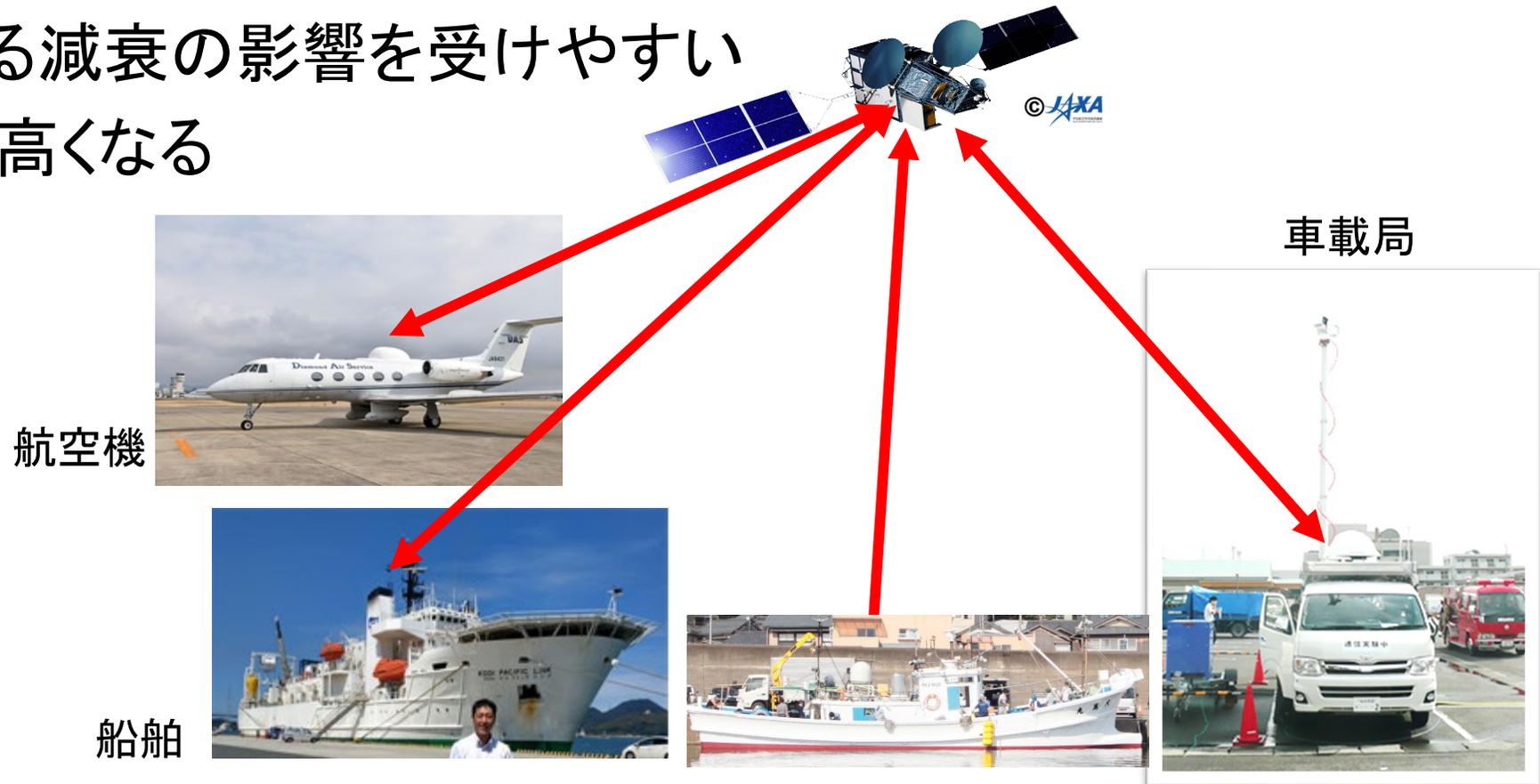
様々な影響を受けて地球局へと到達



回線計算などに用いて変調方式や、地球局のスペックを決定

より高速な通信を求めて

- 従来はL帯(1~2 GHz)、S帯(2~4 GHz)
→Ka帯(26~40 GHz)
 - 周波数が高くなることで使える帯域が広がり通信容量UP
 - 降雨による減衰の影響を受けやすい
 - 直進性が高くなる

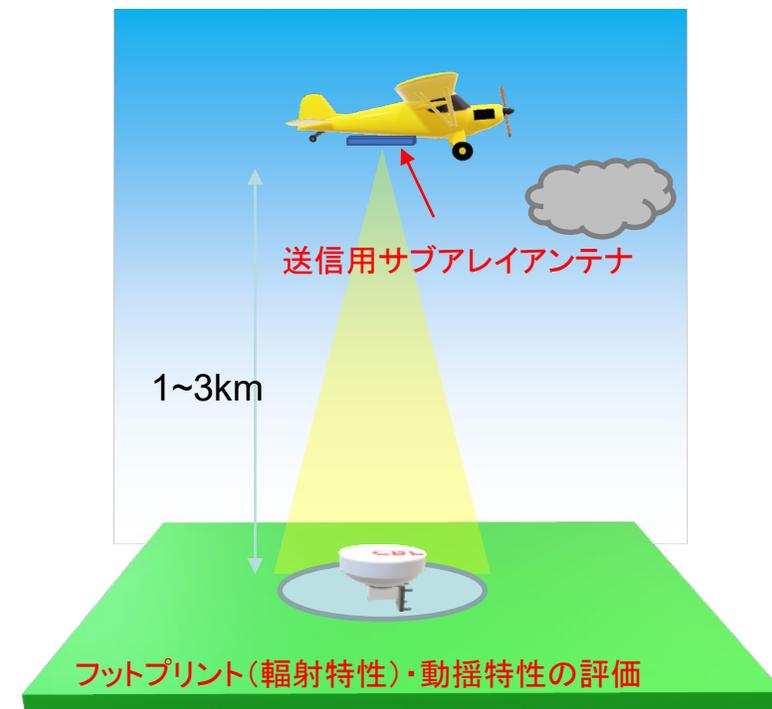
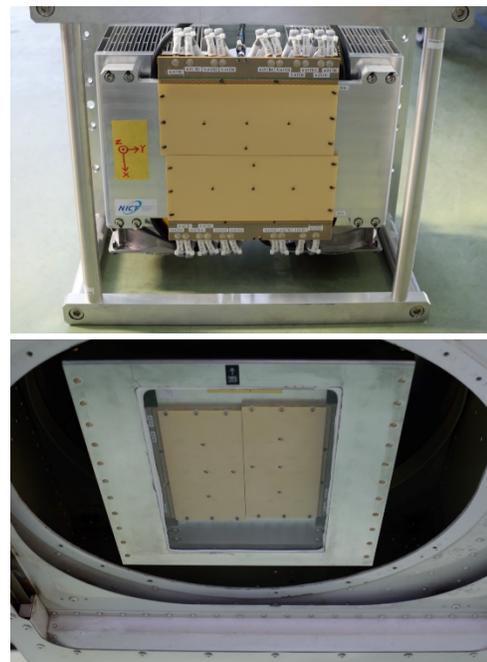
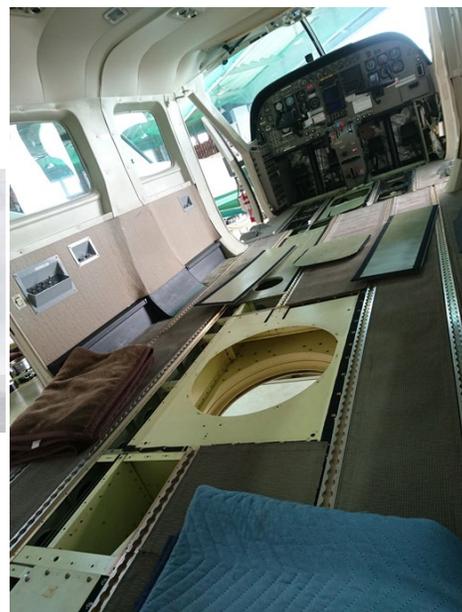


飛行実験について

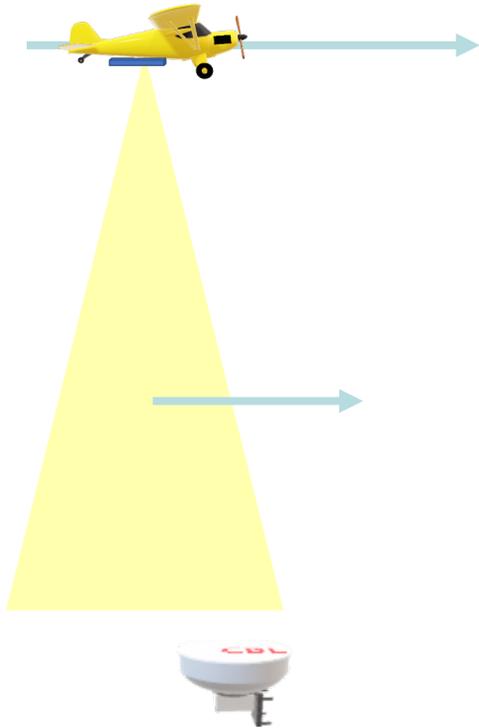
- 今年度製作した512素子のAESAを航空機に搭載し評価試験
- 飛行高度： 1000m～3000m(小型航空機を想定)
- 飛行形態： アンテナビームパターン測定及び追尾特性評価(姿勢、動揺、速度含む) 伝搬特性の評価時は1000m～3000m
- 評価項目： アンテナビームパターン、追尾特性、伝搬特性など



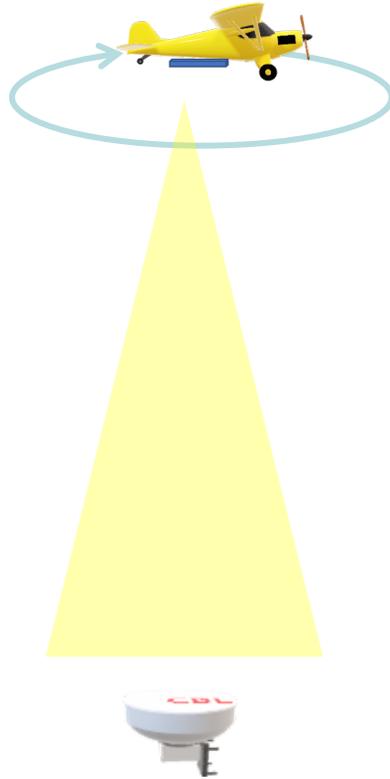
<https://cessna.txtav.com/en/turboprop/caravan>



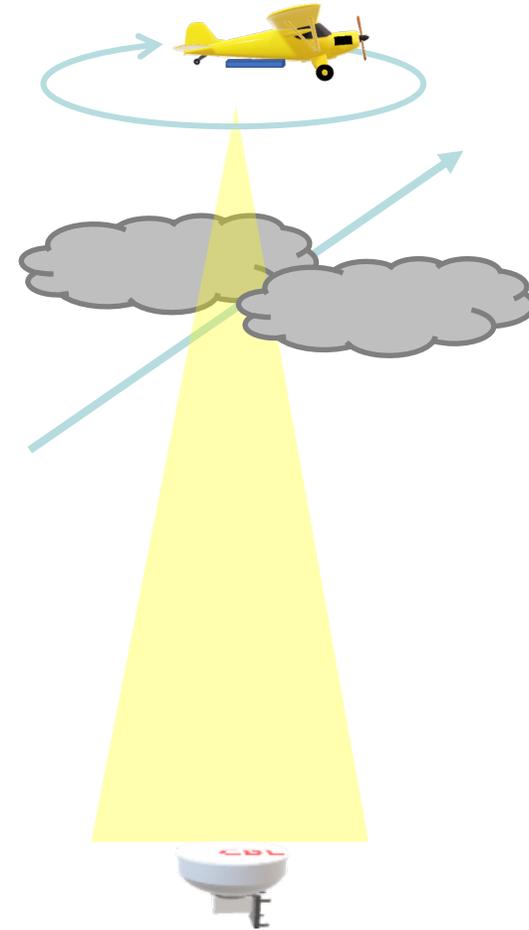
航空機実験評価項目



アンテナビーム評価
追尾特性評価



通信品質評価



伝搬特性評価

まとめ

- Ka帯移動体衛星通信の電波伝搬の研究について紹介
- 現在実施している実験についての説明
- 現地の様子の中継

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

ご静聴ありがとうございました

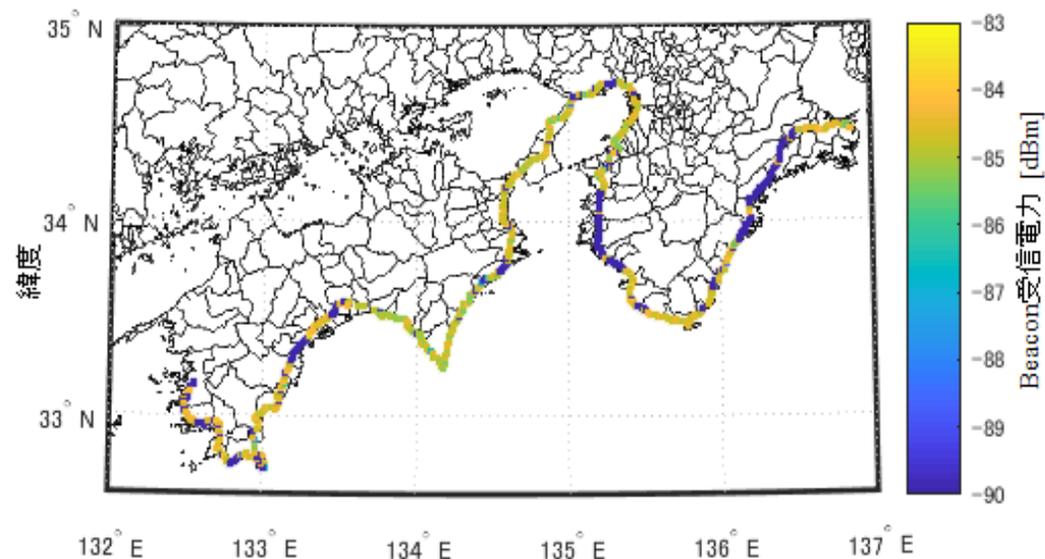
- 参考資料

航空機実験評価項目

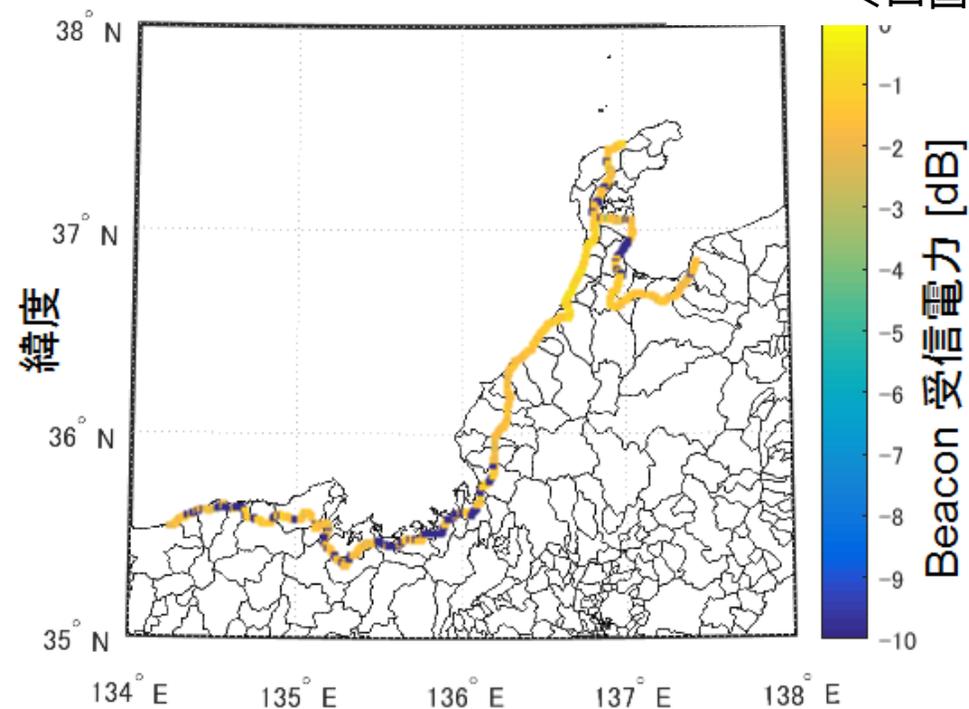
大項目	小項目	実験条件	評価項目、規格など
放射特性	放射パターン	主ビームは垂直に固定	サイドローブ特性
			軸外輻射電力密度
		ビーム走査時(垂直に対して30度、65度)	サイドローブ特性
			軸外輻射電力密度
追尾システム	追尾精度	・航法慣性装置によるオープンループ	受信レベル
		・航空機のバンク、旋回条件を設定	指令角度vs実角度比較
		・ビーム走査時の通信品質劣化(オプション)	BER劣化
通信サービス	通信品質	・回線安定性	回線設計値との対比
		・情報レート 50Mbps (予定)	QPSK vs 8PSK 比較
		・変調方式(QPSK, 8PSK)	C/Nとの対応付け
伝搬	降雨時放射特性	・C/N劣化	降雨減衰と雑音温度劣化
			(降雨強度の定量的把握は難しい)

- 参考資料: 車載局を使った実験

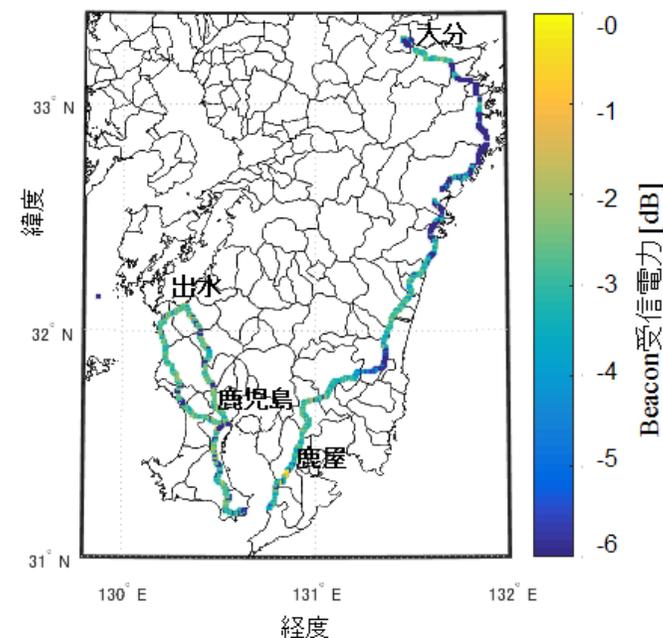
車載局を用いた 広域測定



＜四国近畿エリア＞ 経度



経度 <西日本日本海沿岸エリア>



<九州エリア>

樹木による影響を測定



- 落葉樹**: 桜、メタセコイア、トウカエデ、ケヤキ、イチヨウ、ユリノキ、シナユリノキ、ハナミズキ、カツラ
- 常緑樹**: シラカシ, 松, モミの木
- それぞれの木について年間を通して測定しその影響について研究

葉の付き具合の変化

落葉樹: トウカエデ



3月



4月中旬



4月下旬



5月

常緑樹: 松



3月



4月中旬



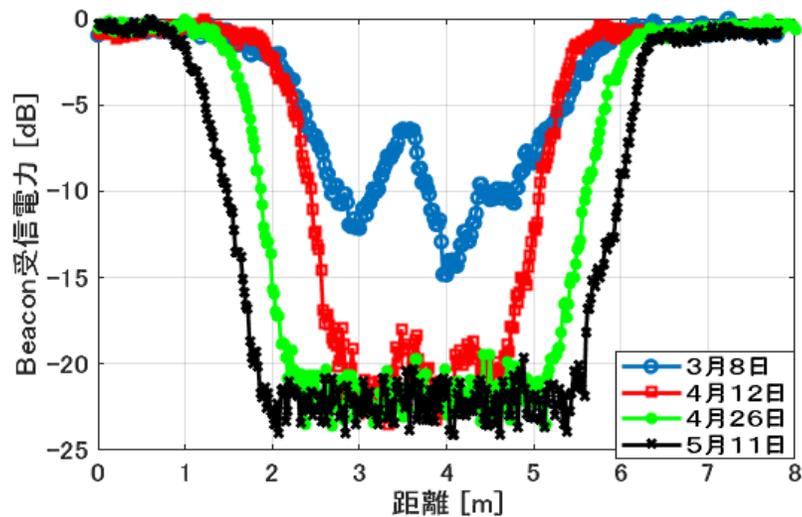
4月下旬



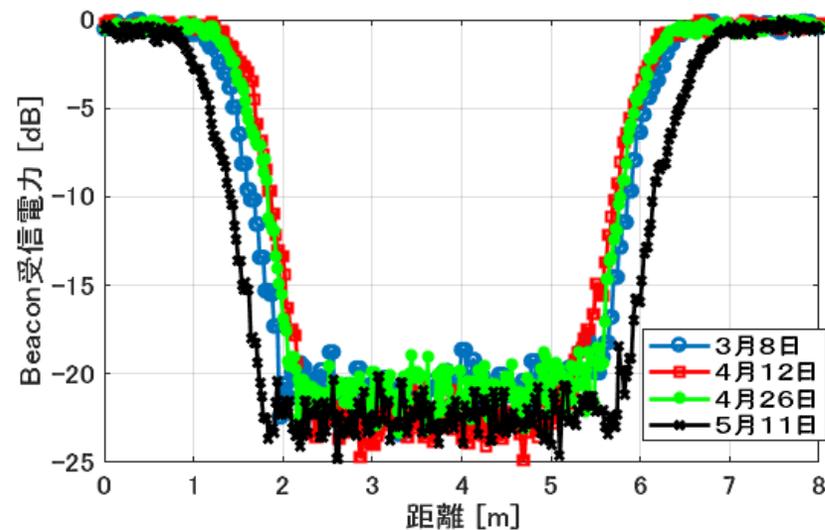
5月

実験結果：落葉樹、常緑樹それぞれの変動

- 落葉樹は葉の無い期間と葉が生い茂る期間とで減衰量が変化
- 常緑樹は電柱のような遮蔽物として電波を遮蔽



落葉樹：トウカエデ

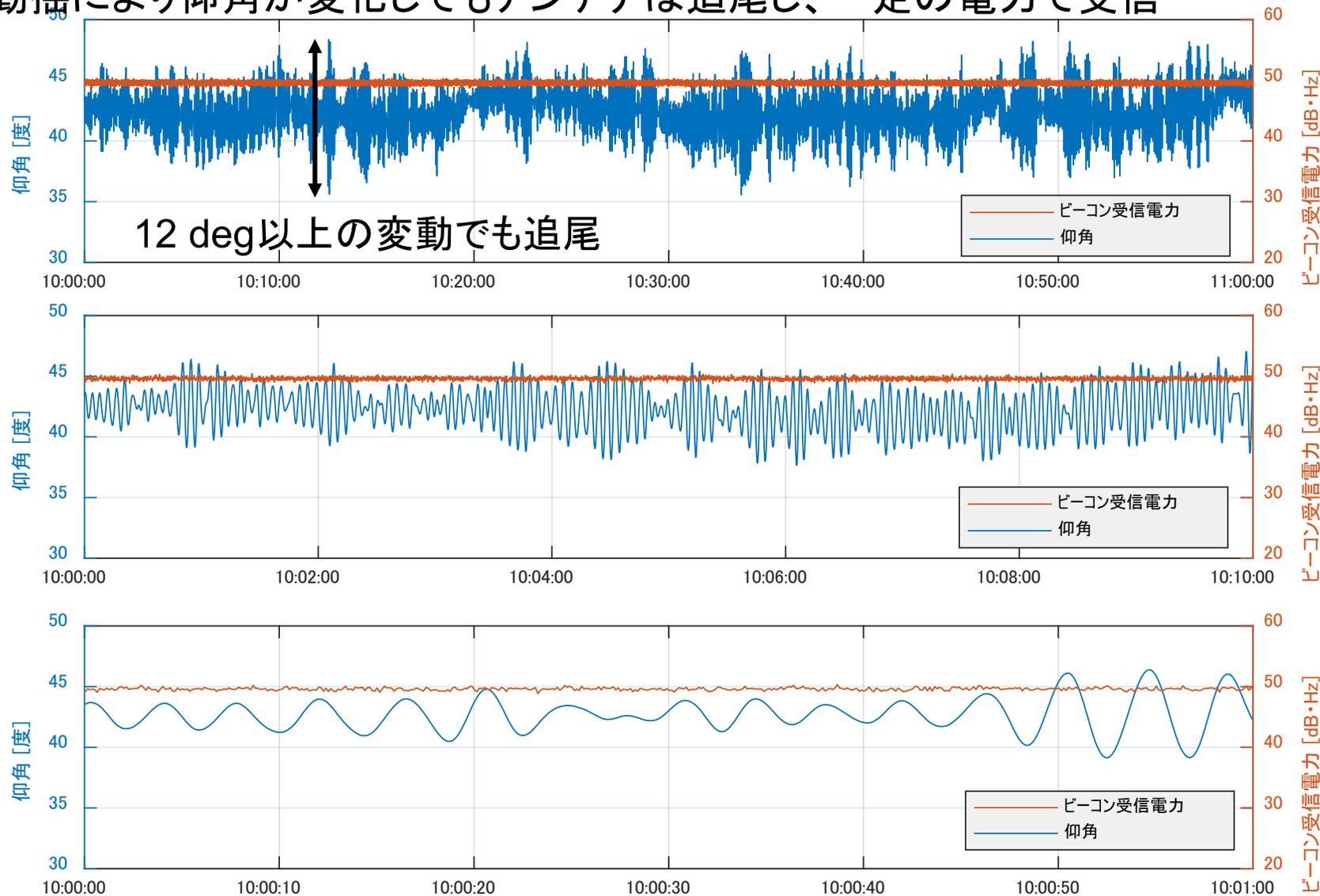


常緑樹：松

- 参考資料：船舶局を使った追尾試験

小型漁船の動揺中での追尾状況

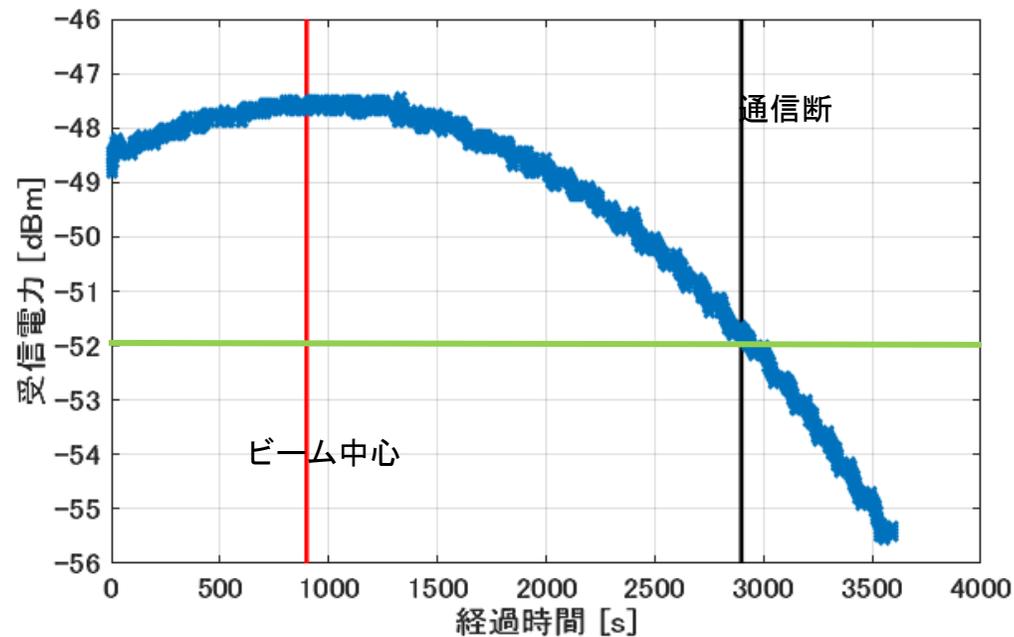
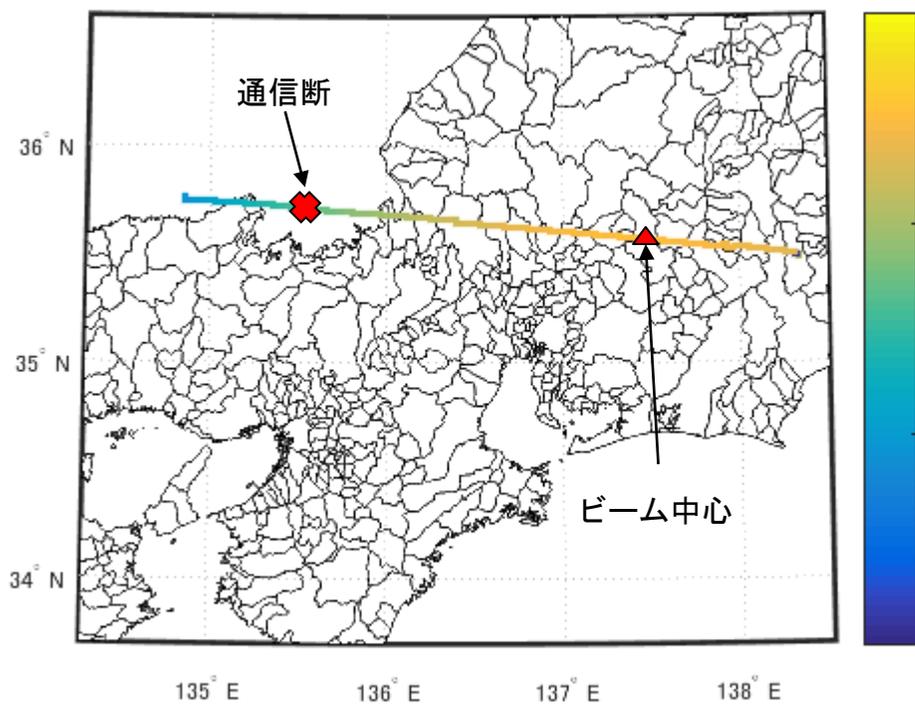
- 波の動揺により仰角が変化してもアンテナは追尾し、一定の電力で受信



- 参考資料：航空機局を使った実験

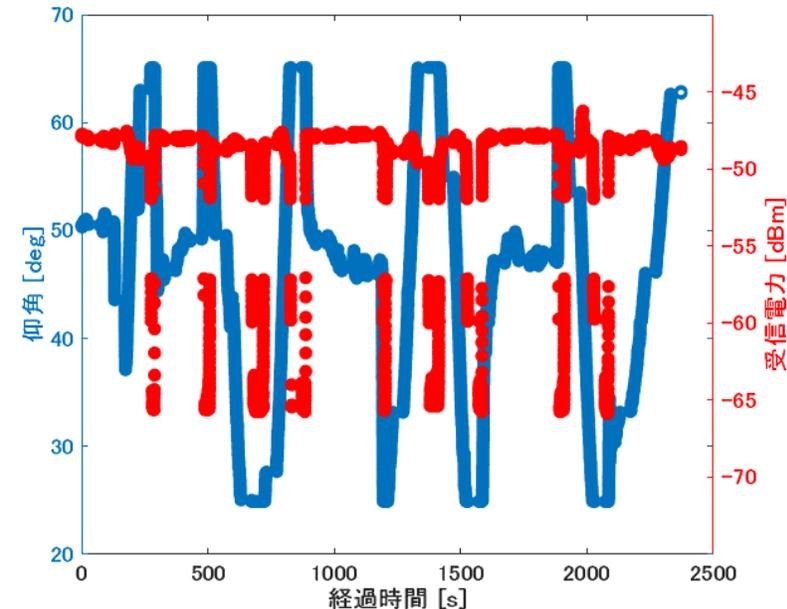
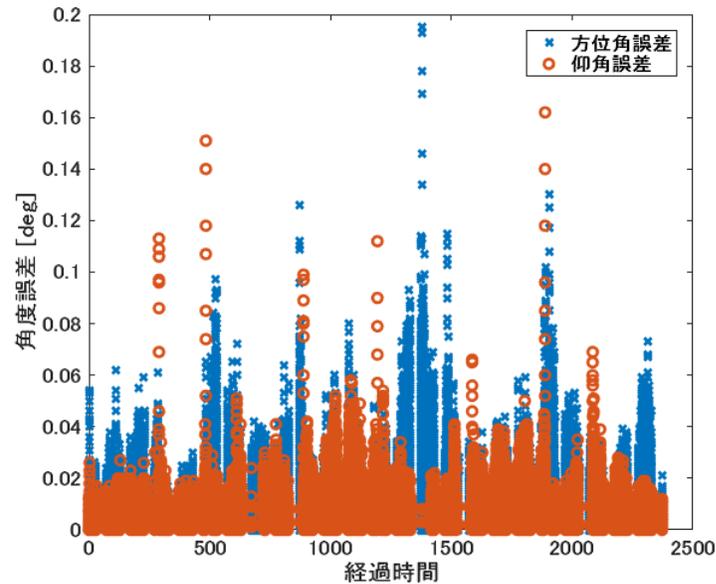
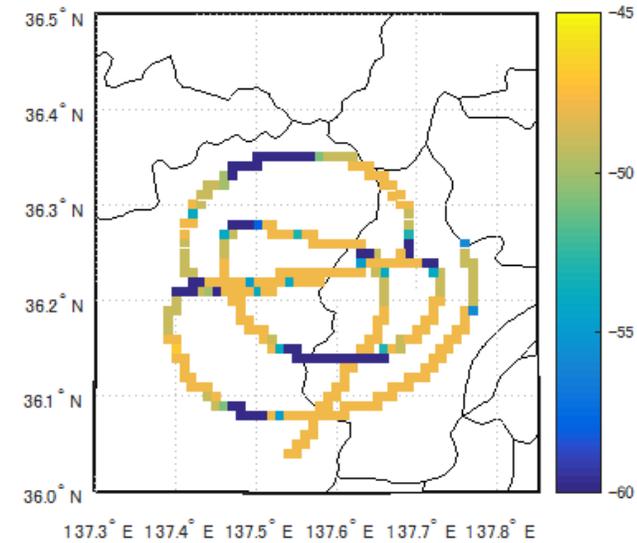
測定結果(再生系リファレンスバースト信号 受信レベル変動)

- 高度5300mにおいて直線飛行した際の受信レベルの変動
- ビーム中心付近で受信レベルのピークを記録
- 受信レベルが約-52dBmとなる地点で通信が途切れた



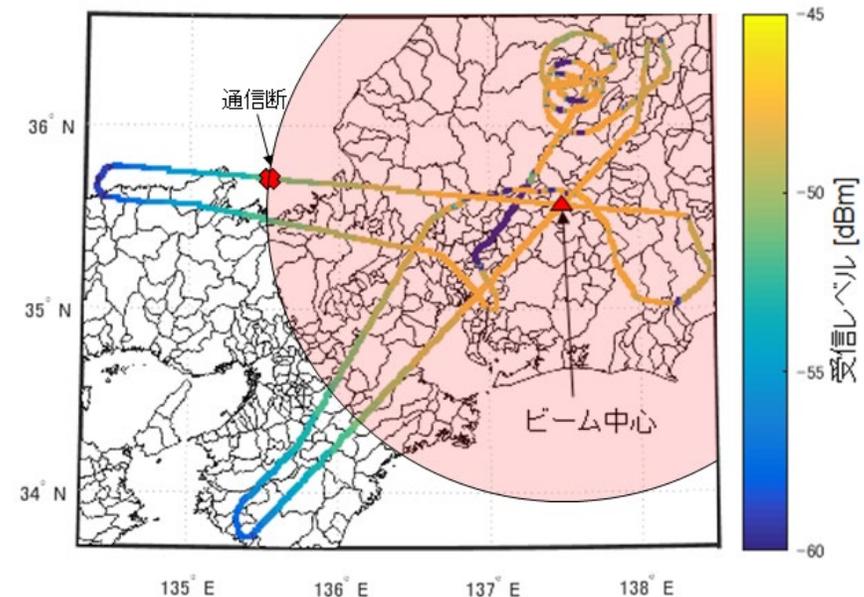
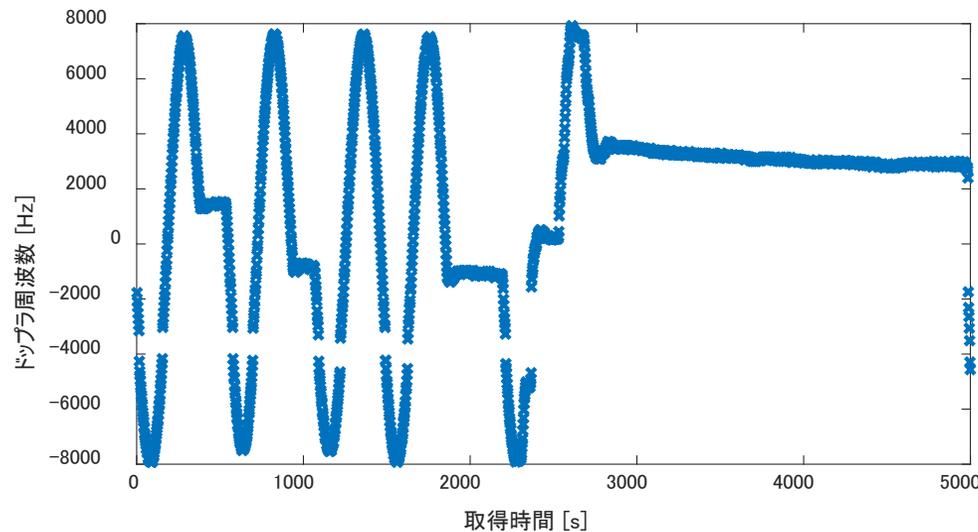
測定結果(アンテナ追尾特性)

- 8の字飛行を行い機体を傾け測定
- 方位角,仰角の誤差は最大でも0.2 deg以下であり、±0.5 deg以下の追尾精度を満足
- アンテナの駆動範囲を超える(機体が26°以上傾く)時に受信電力の低下を確認



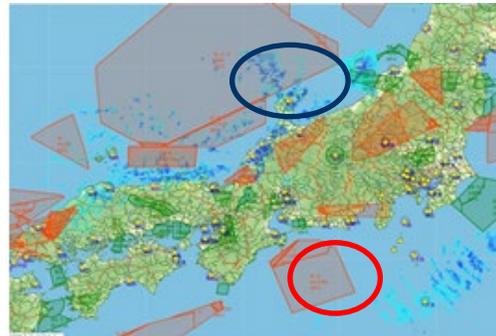
測定結果 (ドップラシフト特性)

- 2秒毎にBeacon信号(中心周波数:18.9 GHz)の中心周波数と電力を記録
- 中心周波数との差分によりドップラ周波数を導出
- 最大ドップラ周波数: 7.9 kHz (理論値8.2 kHz@720 km/h)
- 誤差 4 %程度で理論値と同程度の値となることを確認
- 高速移動体用のモデムを設計する際には移動体の速度より周波数追尾性能を設計可能

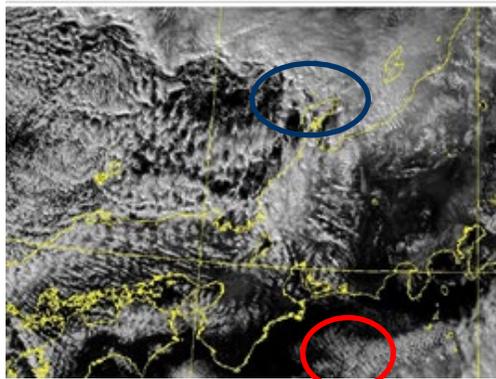


測定結果(雲による減衰)

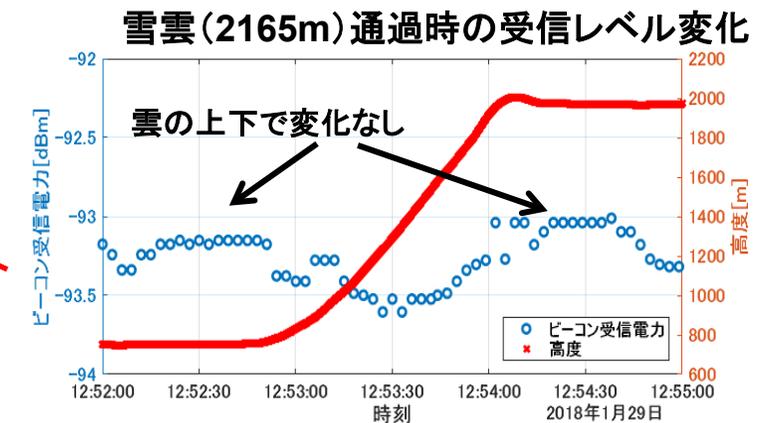
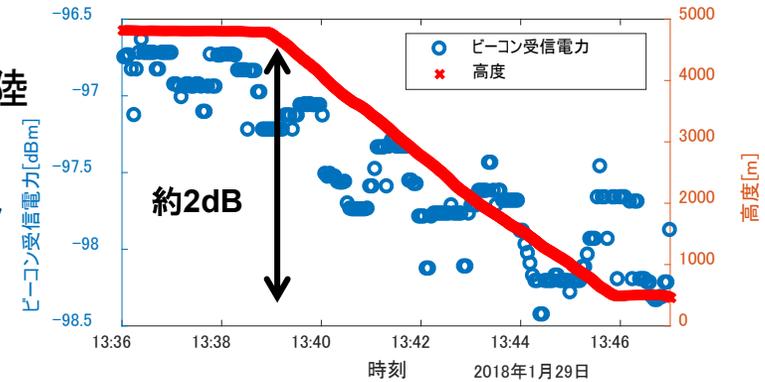
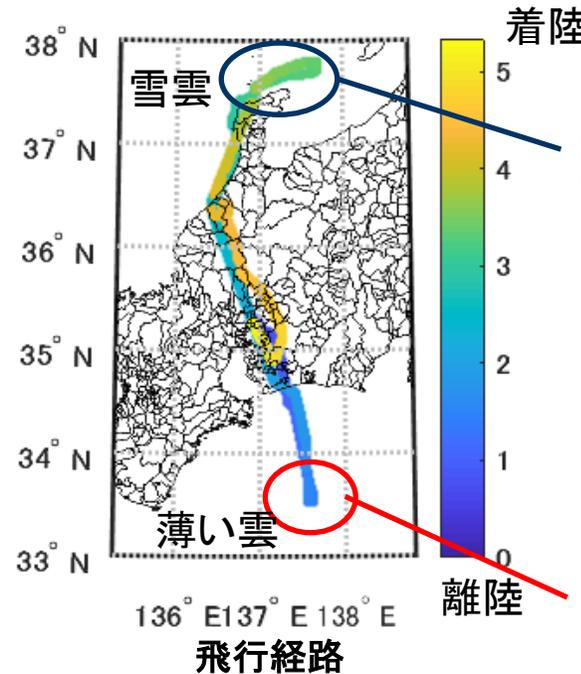
- 紀伊半島沖にある低層の薄い雲(厚さ670m)及び能登半島周辺の雪雲(厚さ2165m)の上空および下面飛行時のレベルの変動を測定



衛星画像(可視)
2018/01/29 04:30 GMT



13:30のエコー画像(雨雲)
および雲写真



薄雲(670m)通過時の受信レベル変化