



# 小型無人機(回転翼型)を用いた 2GHz、5GHz帯伝搬測定データ

平成28年1月12日

国立研究開発法人 情報通信研究機構

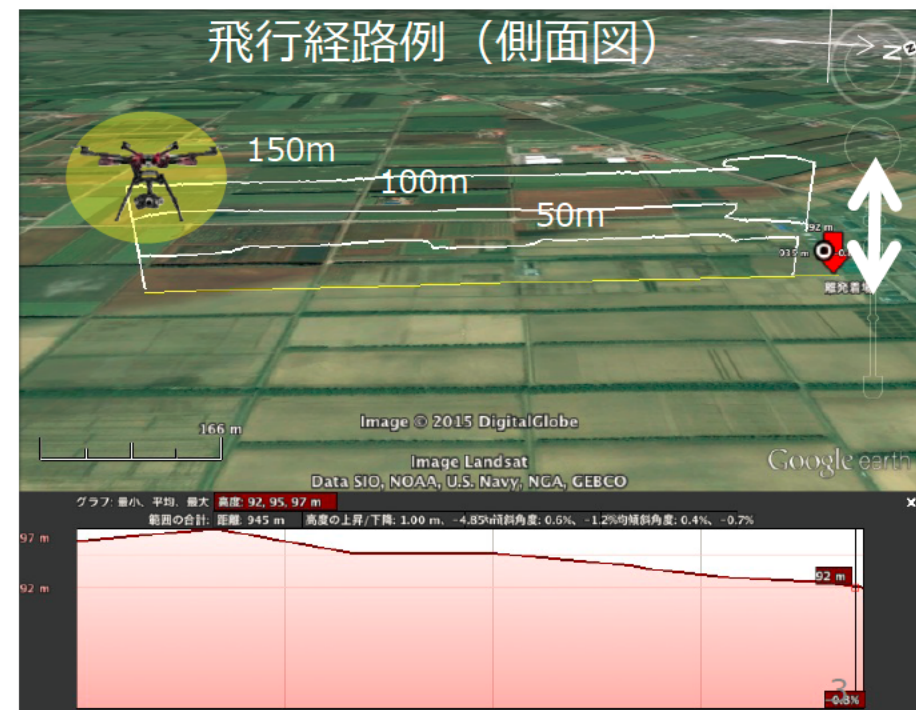
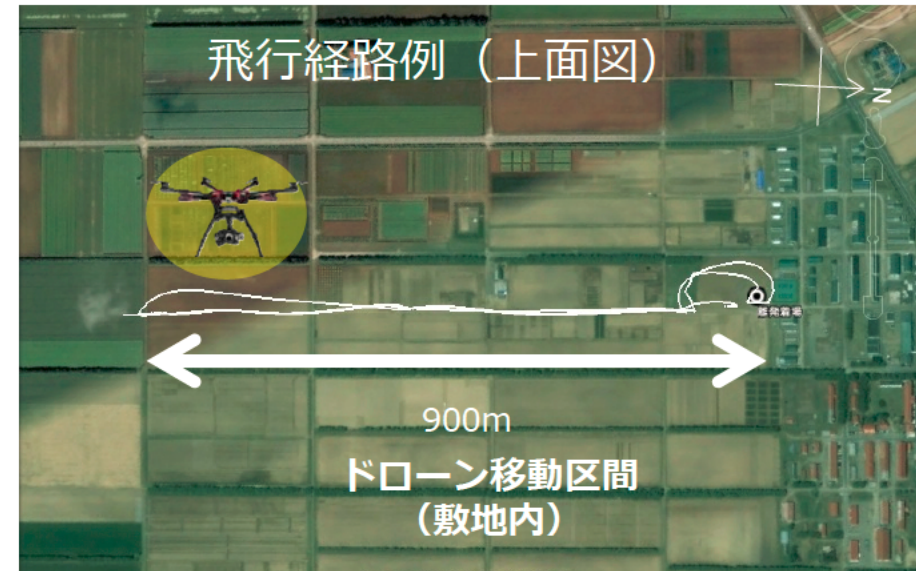
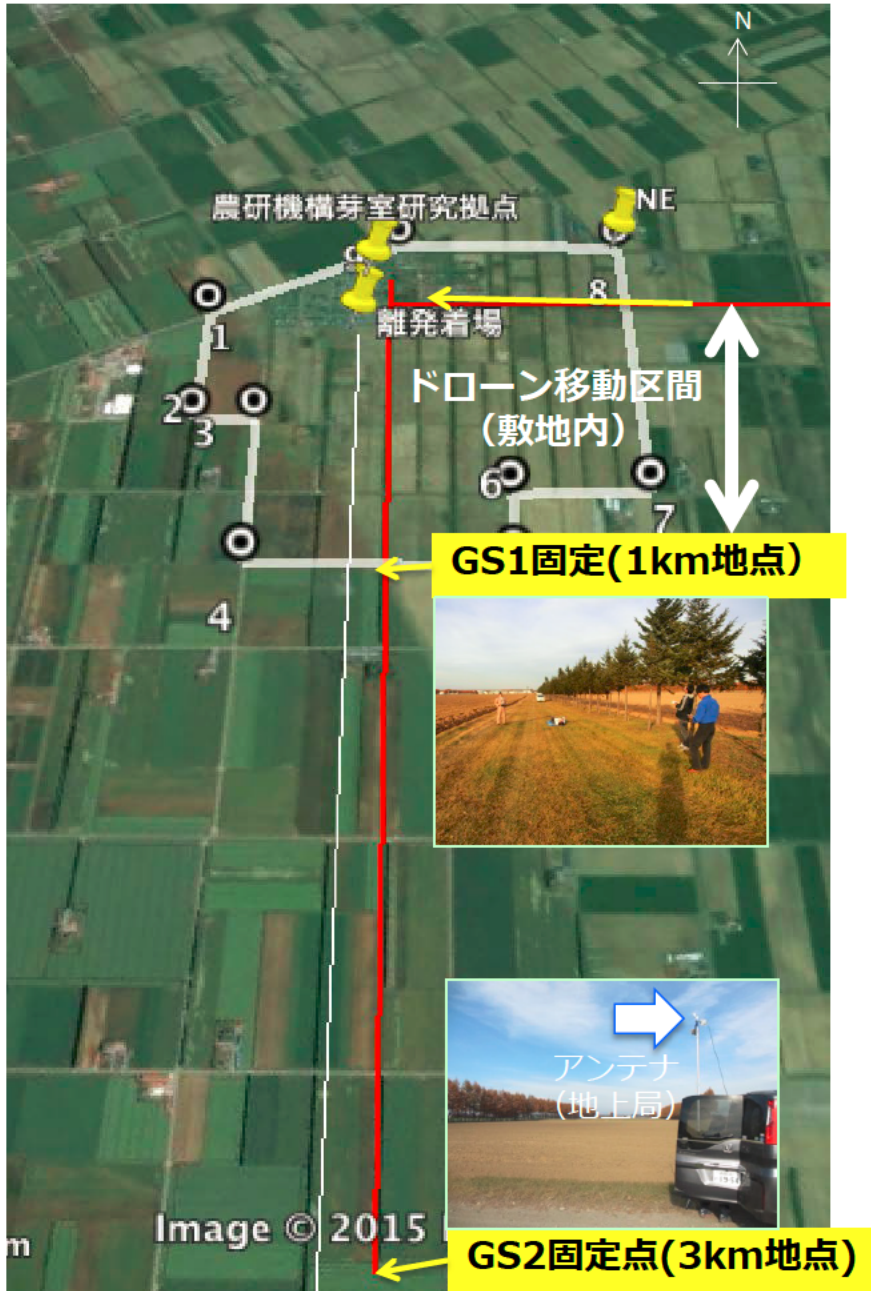
実験支援：国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構

# 使用ドローンの諸元

機体名	SHRIKE (複数回転翼) (NICT所有、米国エアロバイロメント社製)	S900 (複数回転翼) (日本成層圏通信所有、DJI社製)
写真		
軸長	0.9 m	0.9 m
機体重量	2.0kg (搭載カメラ含む)	3.3 kg
対気速度	30 knots (=約56km/h)	11 knots=(約21km/h)
動力	電動	電動
制御周波数、空中線出力	2GHz帯, 1W (実験試験局)	2GHz, 3mW/MHz (小電力データ通信局)
離着陸・運用方法	垂直離着陸、手動/GPSによる自律飛行	垂直離着陸、手動/GPSによる自律飛行
通信ペイロード	0.5 kg (搭載カメラ含まず)	4.2kg~8.2 kg
1回当たりの飛行時間・ 進出距離・最高高度	40分、 5km(距離)、4km(高度)	18分 (ホバリング時間、離着陸時重量 6.8kgの場合)
主な特徴	長時間飛行・長距離通信	ペイロード重量大

1km先までの移動時間=1km/ (56km/h) = 0.018h = 1min

# 測定場所：北海道芽室町農研機構(2015年11月4, 5日)



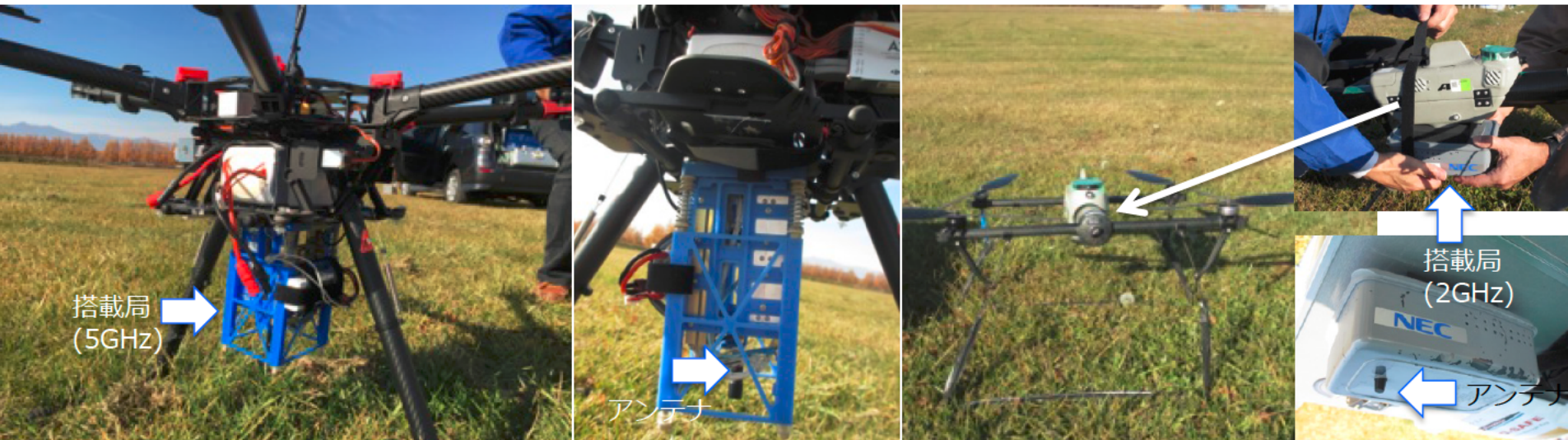


# 無線機の諸元

			2GHz帯	5GHz帯	備考
中心周波数	f	MHz	2321	5110	
占有帯域	Bn	MHz	8	7	
空中線出力 (機上局)	Pt	dBm	30	30	
送信アンテナ利得 (機上局)	Gt	dBi	3.34	2.15	ダイポールアンテナ(垂直偏波)
受信アンテナ利得 (地上局)	Gr	dBi	9	11	パッチアンテナ(垂直偏波)
変調方式			GMSK	GMSK	
最低受信感度		dBm	-95	-95	

機上局(5GHz帯)

機上局(2GHz帯)





# 測定風景

GS1固定(1km地点)

アンテナ  
(地上局)

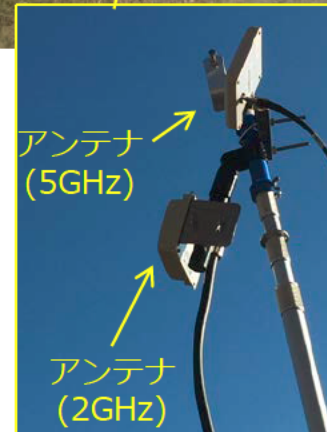
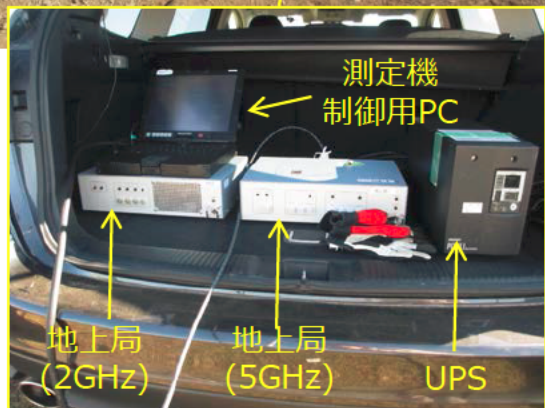
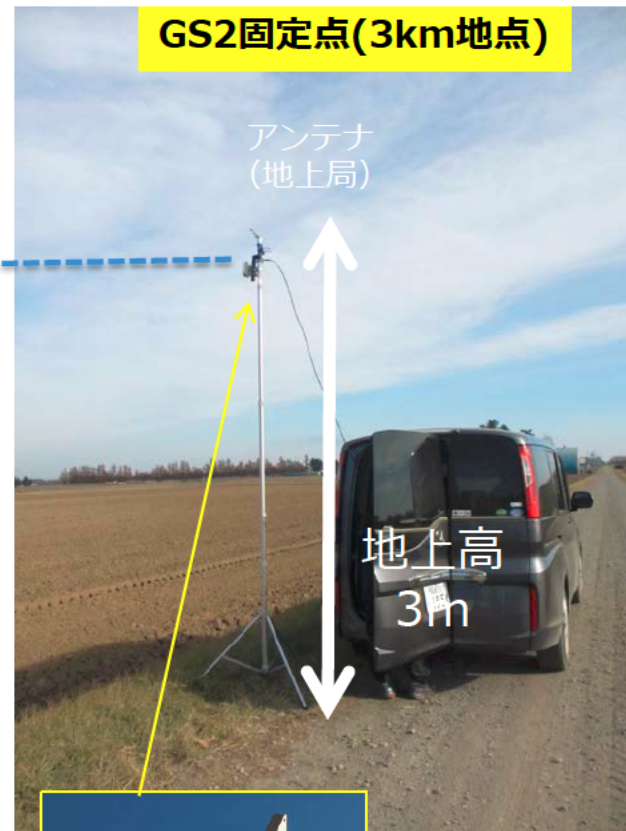
地上高  
3m



GS2固定点(3km地点)

アンテナ  
(地上局)

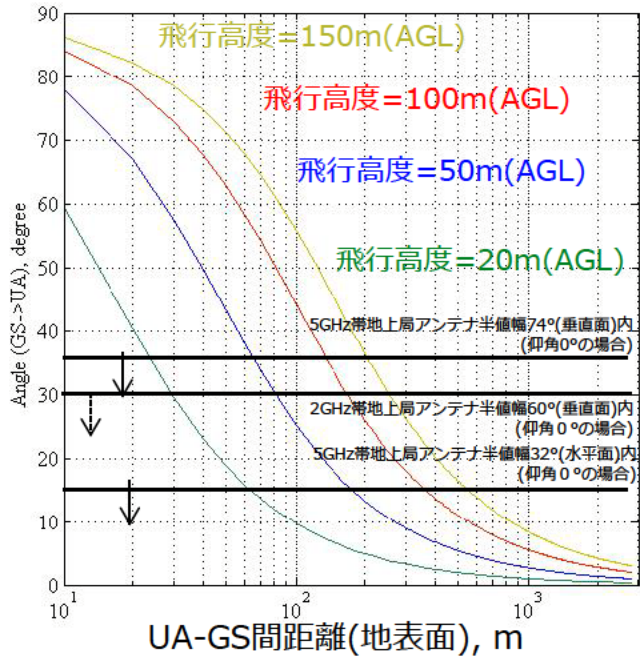
地上高  
3m



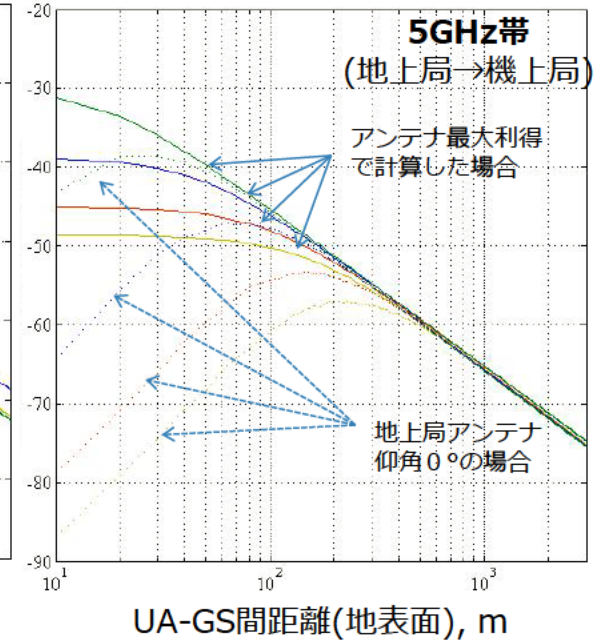
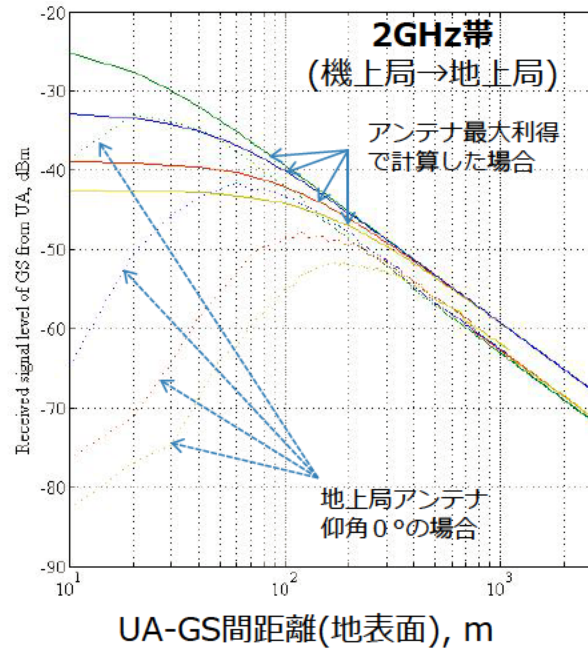
# 測定方法

- 無人機の飛行高度は、20m, 50m, 100, 150mに設定。
- 無線機は200msec毎にRSSIを計測。20sec間にわたり各測定点に停留し、RSSIを記録
- 見通し環境となるように地上局アンテナの高さは3mに固定。仰角は各測定点毎に設定

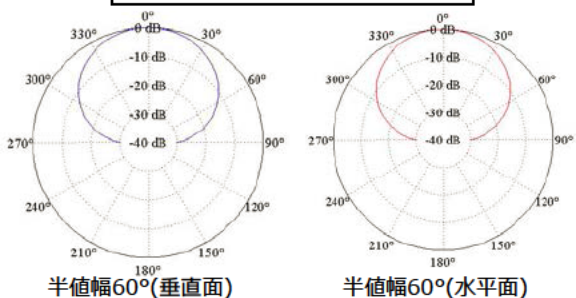
地上局からみた無人機の角度



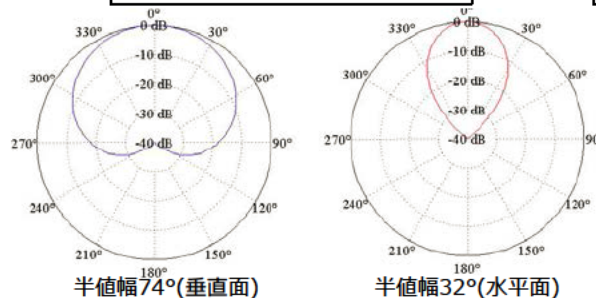
アンテナ放射特性を考慮した理論値(自由空間損失モデル)



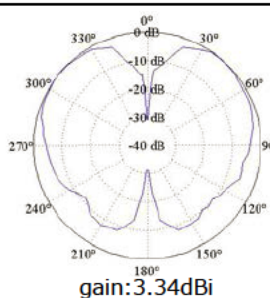
地上局アンテナ(2GHz)



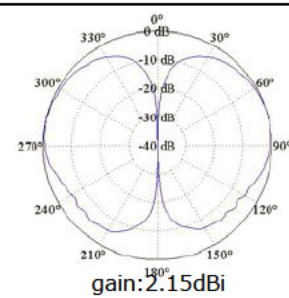
地上局アンテナ(5GHz)



機上局アンテナ(2GHz)



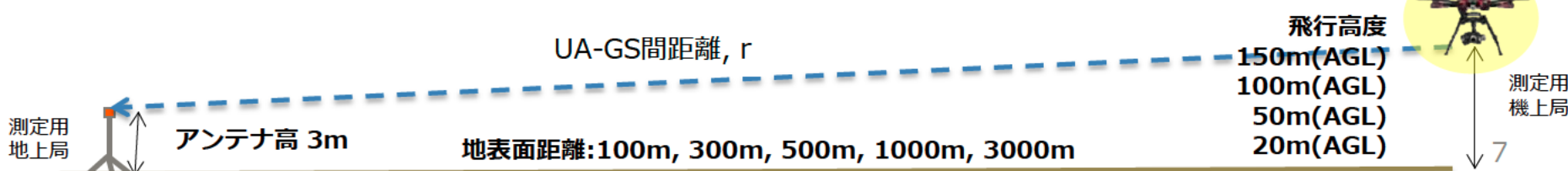
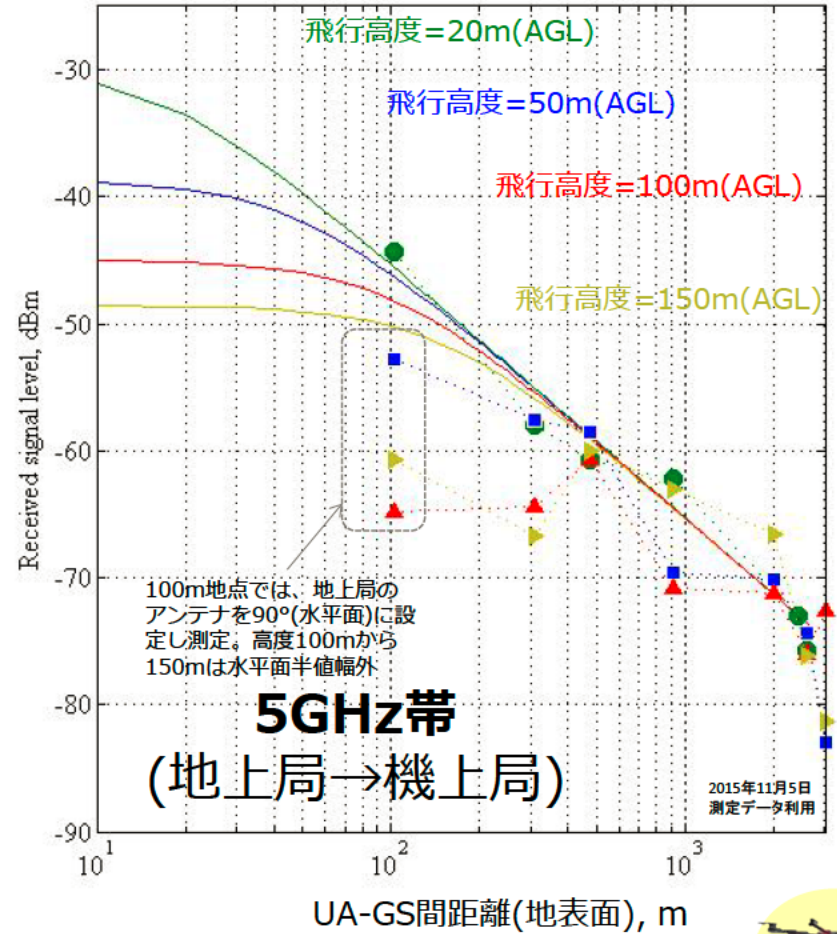
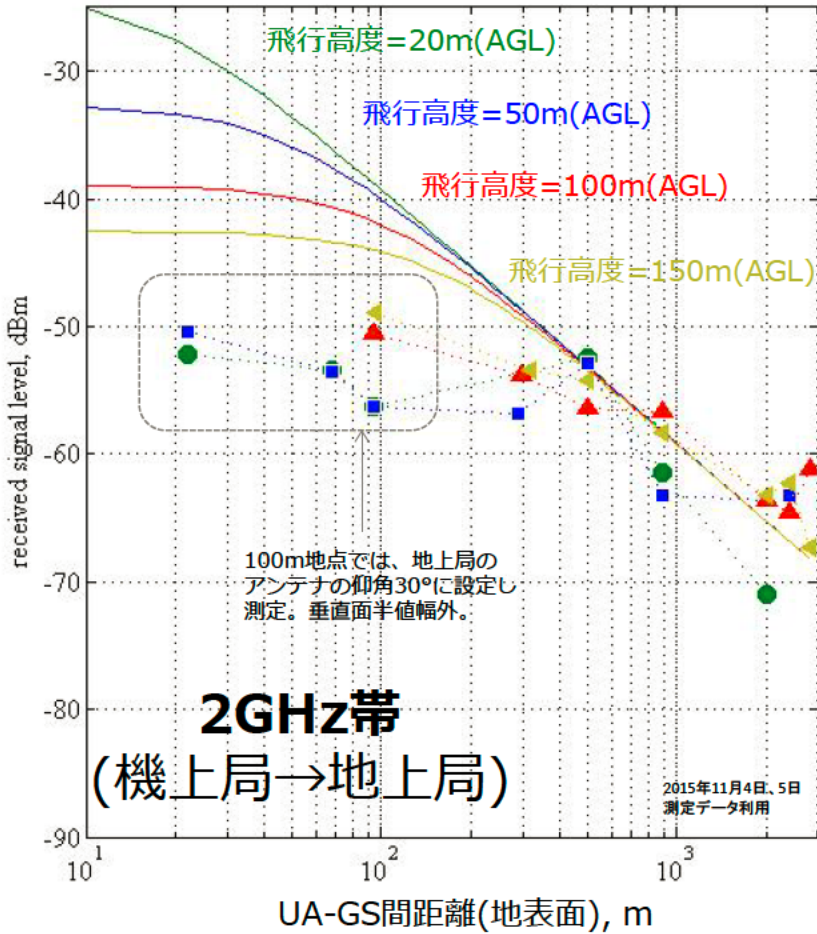
機上局アンテナ(5GHz)





# 測定結果

- 送信レベルを30dBmに補正、機上及び地上アンテナの角度による利得差を補正
- 各測定点における受信信号レベルの短区間変動のうち、 $2\sigma$ の中央値を算出（グラフ内■）
- 自由空間モデルの理論値を計算（グラフ内実線） 自由空間損失モデルの受信電力： $Pr = Pt + Gt(\text{最大利得}) + Gr(\text{最大利得}) - L(r)$





# 映像伝送確認(2GHz)



## 実験試験局

中心周波数	f	MHz	2272
占有帯域	Bn	MHz	2
空中線出力 (機上局)	Pt	dBm	30
送信アンテナ利得 (機上局)	Gt	dBi	0
受信アンテナ利得 (地上)			

## ビデオ画像

Width	: 720 pixels
Height	: 480 pixels
Display aspect ratio	: 4:3
Frame rate	: 29.970 fps

# 5GHz帯長距離伝搬特性 (福島市内)



# 伝搬測定結果のまとめ

- 飛行高度20mから150mに設定した小型無人機（回転型）を用いて、平坦な場所（地面は土）において、最大3kmまでの距離で2GHz帯と5GHz帯の減衰特性を測定した。
- 2GHz帯、5GHz帯ともに、小型無人機と地上局間距離を3kmまで延長してもほぼ自由空間損失モデル理論値（アンテナパターン補正後）と一致していることを確認した。
- ただし、距離によっては理論値との差が大きい場合があり、その原因については引き続き調査中。
- また、5GHz帯では、海拔400mの地点において対地高度150m未満で飛行した小型無人機からの送信信号を7km離れた地上局において-85dBm程度で受信可能であることを確認した。
- 2GHz帯実験試験局を用いて小型無人機から映像（VGA、30fps動画）を地上局に伝送し、1km離れても映像に劣化は見られないことを確認した。