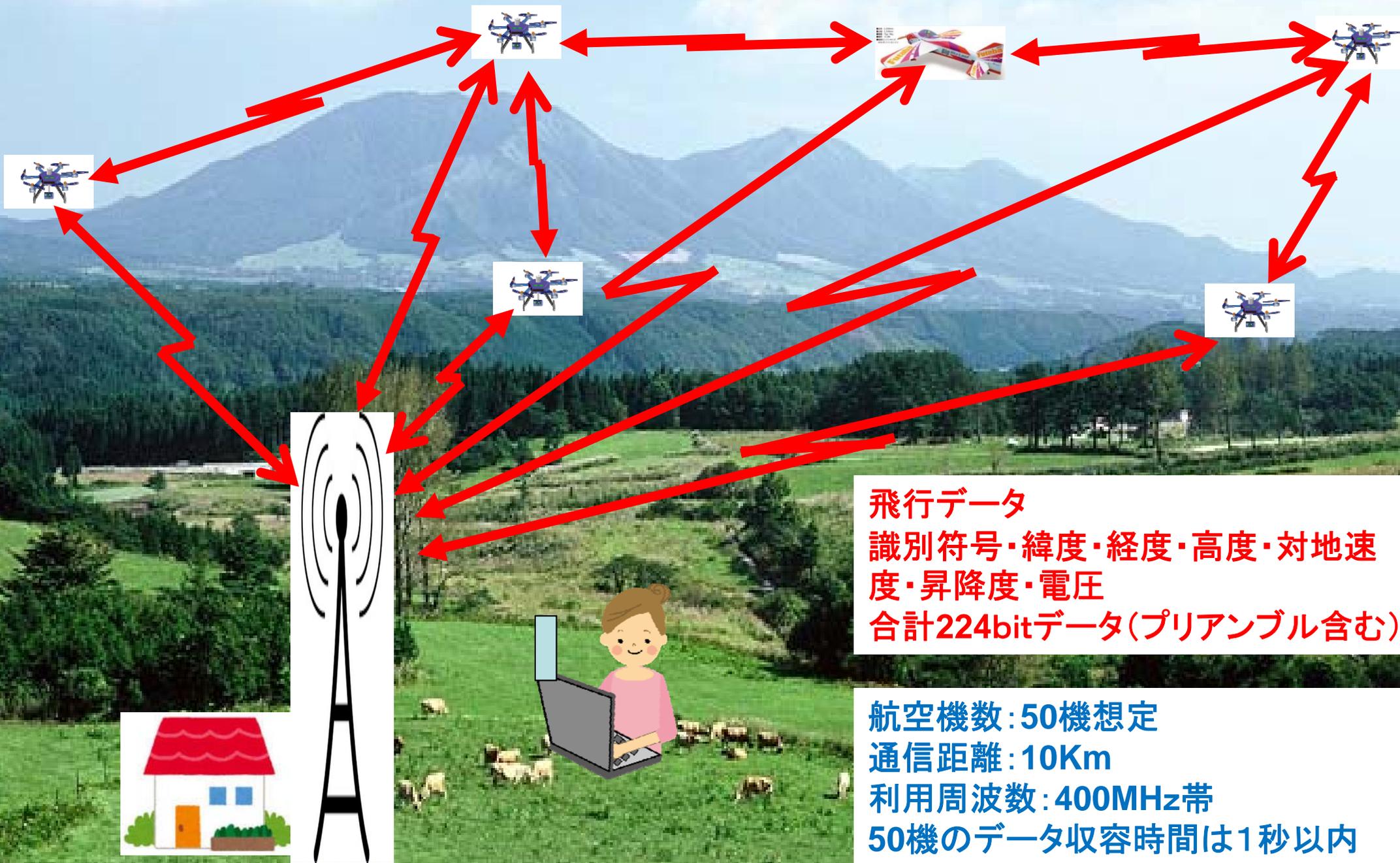


無人航空機位置把握システム

双葉電子工業株式会社
システムソリューション事業センター
技術部

1.無人航空機位置把握システムの通信イメージ



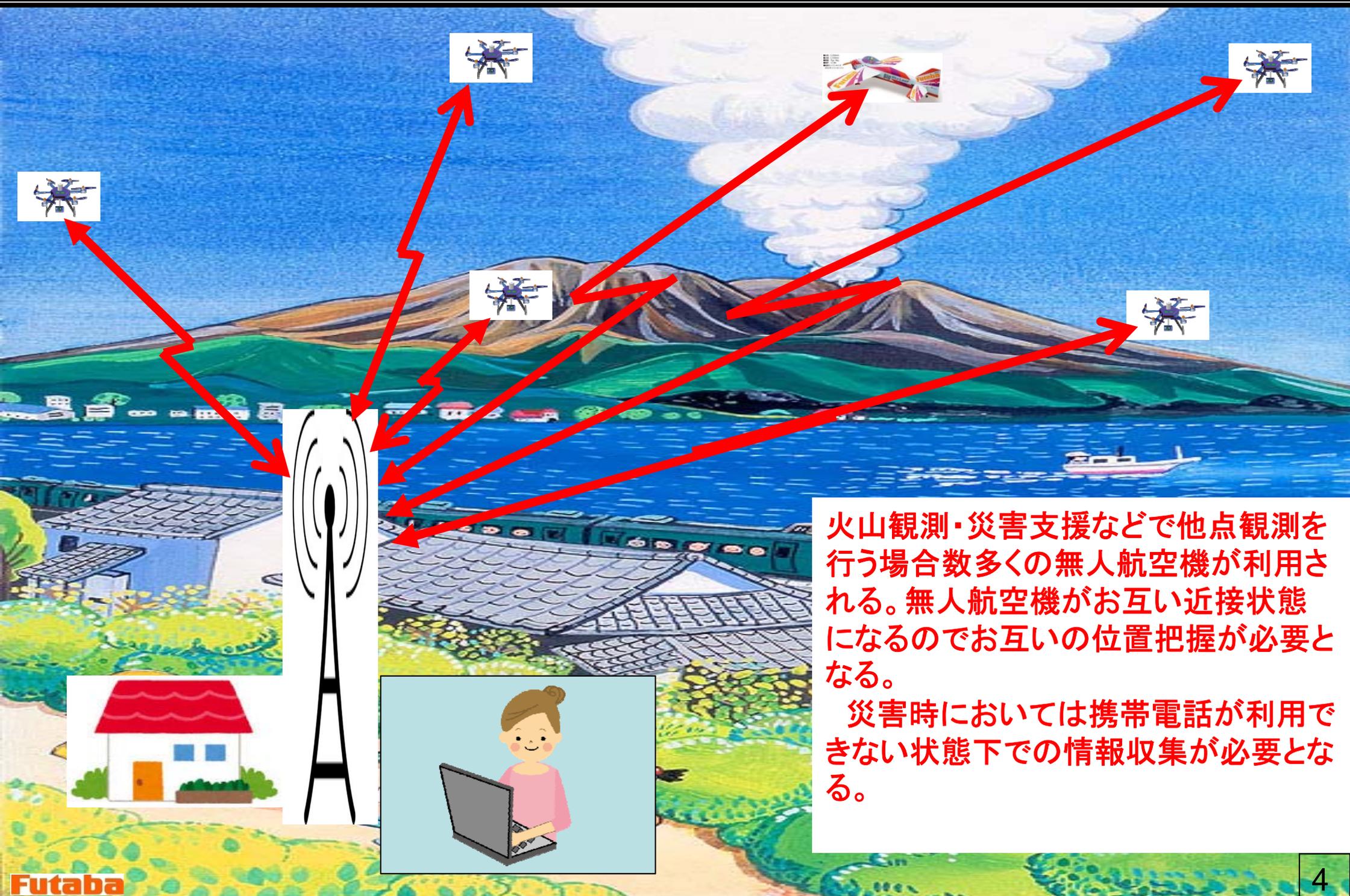
飛行データ
識別符号・緯度・経度・高度・対地速度・昇降度・電圧
合計224bitデータ(プリアンブル含む)

航空機数:50機想定
通信距離:10Km
利用周波数:400MHz帯
50機のデータ収容時間は1秒以内

2.無人航空機位置把握システム PC表示イメージ



3.無人航空機位置把握システムの利用シーン



火山観測・災害支援などで他点観測を行う場合数多くの無人航空機が利用される。無人航空機がお互い近接状態になるのでお互いの位置把握が必要となる。

災害時には携帯電話が利用できない状態下での情報収集が必要となる。

4.無人航空機位置把握システムの無線仕様検討

検討条件として

- ①導入が安価なシステム
- ②半径10km圏内の無人航空機の把握
- ③位置更新1回毎秒（時速50kmで約14m 100m7.5秒の移動の把握）

	免許	いつでもどこでも	位置更新	サービスエリア	災害時の運用	通信費用	価格
携帯電話網	携帯電話等事業者が実用化試験局の免許申請が必要	×	Webサーバによる1秒以上	携帯電話がつながる範囲	×	あり	○
自営型無線機	なし	○	通常1秒更新	半径10Km	○	なし	△

5.無人航空機位置把握システムの400MHzと920MHz能力比較①

前提条件 : 周波数(400MHz帯)、通信距離(10km)、データ更新時間:1秒
400MHz帯 通信方式(同報通信方式)、機体からの送信情報(300bit)

通信速度:kbps、1パケット送信時間:ms、収容台数:台 受信感度:dBm、必要空中線電力:dBm

通信方式	2GFSK	4FSK	$\pi/4$ シフトQPSK	16QAM	その他
6.25kHzステップ	2.4kbps 125ms/パケット 5台 感度:-118dBm 空中線電力:10dBm	4.8kbps 63ms/パケット 12台 感度:-113dBm 空中線電力:15dBm	9.6kbps 32ms/パケット 25台 感度:-113dBm 空中線電力:15dBm	19.2kbps 16ms/パケット 50台 感度:-109dBm 空中線電力:19dBm	400MHz帯 においては 伝搬損が 132dB必要
12.5kHzステップ	5kps 60ms/パケット 13台 感度:-115dBm 空中線電力:13dBm	9kbps 33ms/パケット 24台 感度:-110dBm 空中線電力:18dBm	18kbps 17ms/パケット 47台 感度:-110dBm 空中線電力:18dBm	36kbps 9ms/パケット 88台 感度:-106dBm 空中線電力:22dBm	
25kHzステップ	11kbps 28ms/パケット 29台 感度:-112dBm 空中線電力:16dBm	18kbps 17ms/パケット 47台 感度:-107dBm 空中線電力:21dBm 125mW	36kbps 9ms/パケット 88台 感度:-107dBm 空中線電力:21dBm	72kbps 4.2ms/パケット 190台 感度:-103dBm 空中線電力:25dBm	
50kHzステップ	22kbps 14ms/パケット 57台 感度:-109dBm 空中線電力:19dBm	36kbps 9ms/パケット 88台 感度:-104dBm 空中線電力:24dBm	72kbps 4.2ms/パケット 190台 感度:-104dBm 空中線電力:24dBm	144kbps 2.1ms/パケット 380台 感度:-100dBm 空中線電力:28dBm	
100kHzステップ	44kbps 7ms/パケット 114台 感度:-106dBm 空中線電力:22dBm	72kbps 4.2ms/パケット 190台 感度:-101dBm 空中線電力:27dBm	144kbps 2.1ms/パケット 380台 感度:-101dBm 空中線電力:27dBm	288kbps 1.1ms/パケット 727台 感度:-97dBm 空中線電力:31dBm	

※ 40dBとなる帯域幅でのデータレート 感度BER10-3 ドローン100m 基地局3m アンテナ2.14dBi 奥村秦(郊外)

6. 無人航空機位置把握システムの400MHzと920MHz能力比較②

利用周波数帯と送信電力 利用距離は10km
900MHz帯

通信速度及び收容台数(400MHz帯と同じ)、受信感度:dBm、必要空中線電力:dBm					
通信方式	2GFSK	4FSK	$\pi/4$ シフトQPSK	16QAM	その他
6.25kHzステップ	5台 感度:-118dBm 空中線電力:17dBm	12台 感度:-113dBm 空中線電力:22dBm	25台 感度:-113dBm 空中線電力:22dBm	50台 感度:-109dBm 空中線電力:26dBm	<p>900MHz帯 においては 伝搬損が 139dB必要</p> <p>400MHzに 対して約5倍 電力が必要</p>
12.5kHzステップ	13台 感度:-115dBm 空中線電力:20dBm	24台 感度:-110dBm 空中線電力:25dBm	47台 感度:-110dBm 空中線電力:25dBm	88台 感度:-106dBm 空中線電力:29dBm	
25kHzステップ	29台 感度:-112dBm 空中線電力:23dBm	47台 感度:-107dBm 空中線電力:28dBm 630mW	88台 感度:-107dBm 空中線電力:28dBm	190台 感度:-103dBm 空中線電力:32dBm	
50kHzステップ	57台 感度:-109dBm 空中線電力:26dBm	88台 感度:-104dBm 空中線電力:31dBm	190台 感度:-104dBm 空中線電力:31dBm	380台 感度:-100dBm 空中線電力:35dBm	
100kHzステップ	114台 感度:-106dBm 空中線電力:29dBm	190台 感度:-101dBm 空中線電力:34dBm	380台 感度:-101dBm 空中線電力:34dBm	727台 感度:-97dBm 空中線電力:38dBm	

※ 40dB_rとなる帯域幅でのデータレート 感度BER10⁻³ ドローン100m 基地局3m アンテナ2.14dBi 奥村秦(郊外)

7.無人航空機位置把握システムの400MHzと920MHz能力比較③

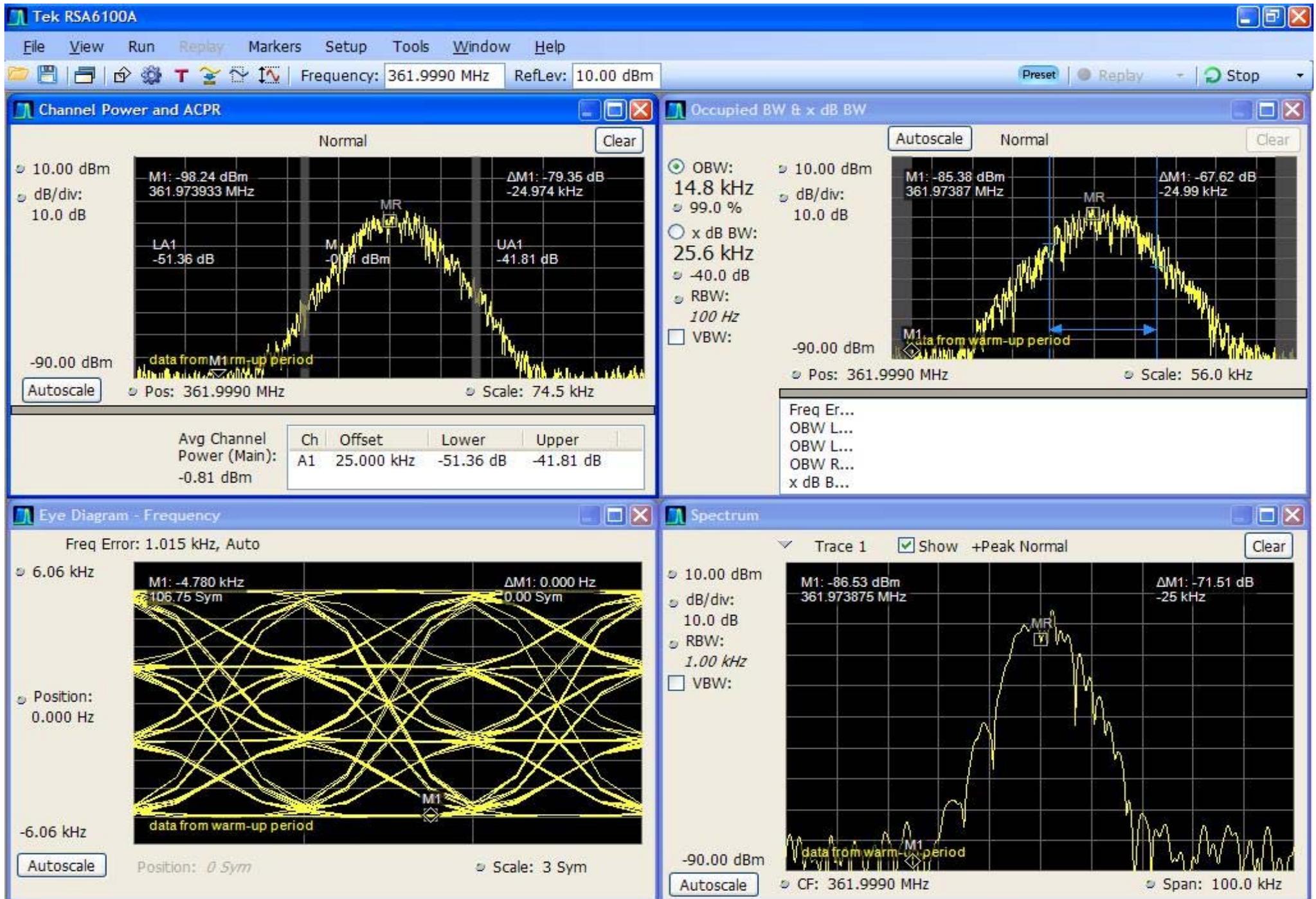
自由空間	(都市) 八重洲	(郊外) 市街地	(開放地) 海岸線	電搬損	送信電力	受信感度	周波数	波長	移動体 アンテナ高	基地局 アンテナ高	送信 アンテナ ゲイン	受信 アンテナ ゲイン
R(m)	R(m)	R(m)	R(m)	(dB)	P(dBm)	(dBm)	f(MH)	λ (m)	hb(m)	hm(m)	(dB)	(dB)
400MHz地上局アンテナ高1m 1/2λアンテナ(2dBi) 無人機アンテナ1/4λ GND無(約0dBi)												
188,700	1,234	2,003	5,742	130	23	-105	400	0.749	10	1	0	2
188,700	2,453	4,253	14,062	130	23	-105	400	0.749	50	1	0	2
188,700	3,506	6,287	22,390	130	23	-105	400	0.749	100	1	0	2
188,700	4,412	8,089	30,218	130	23	-105	400	0.749	150	1	0	2
400MHz地上局アンテナ高2m 1/2λアンテナ(2dBi) 無人機アンテナ1/4λ GND無(約0dBi)												
188,700	1,405	2,281	6,539	130	23	-105	400	0.749	10	2	0	2
188,700	2,843	4,928	16,295	130	23	-105	400	0.749	50	2	0	2
188,700	4,100	7,353	26,184	130	23	-105	400	0.749	100	2	0	2
188,700	5,191	9,516	35,548	130	23	-105	400	0.749	150	2	0	2
400MHz地上局アンテナ高1m 1/2λアンテナ(2dBi) 無人機アンテナ1/2λアンテナ(2dBi)												
237,559	1,392	2,259	6,475	132	23	-105	400	0.749	10	1	2	2
237,559	2,812	4,874	16,116	132	23	-105	400	0.749	50	1	2	2
237,559	4,052	7,267	25,878	132	23	-105	400	0.749	100	1	2	2
237,559	5,128	9,401	35,117	132	23	-105	400	0.749	150	1	2	2
400MHz地上局アンテナ高2m 1/2λアンテナ(2dBi) 無人機アンテナ1/2λアンテナ(2dBi)												
237,559	1,584	2,572	7,373	132	23	-105	400	0.749	10	2	2	2
237,559	3,258	5,648	18,676	132	23	-105	400	0.749	50	2	2	2
237,559	4,739	8,498	30,265	132	23	-105	400	0.749	100	2	2	2
237,559	6,032	11,059	41,312	132	23	-105	400	0.749	150	2	2	2
920MHz地上局アンテナ高1m 1/2λアンテナ(2dBi) 無人機アンテナ1/2λアンテナ(2dBi)												
183,672	1,054	1,921	5,869	137	28	-105	920	0.326	10	1	2	2
183,672	2,051	4,055	14,415	137	28	-105	920	0.326	50	1	2	2
183,672	2,898	5,978	22,988	137	28	-105	920	0.326	100	1	2	2
183,672	3,621	7,677	31,056	137	28	-105	920	0.326	150	1	2	2

※ 奥村秦モデル

上記の結果より通信距離はアンテナ高とアンテナ利得が支配的。

また、周波数が高いと空中線電力が大きくなるので他局干渉も大きくなることから注意する必要がある。

8.4 FSKの波形例



9.無線機仕様

- ・利用距離10kmを確保するには
400MHz帯 :125mW 900MHz帯 :630mW
400MHz帯の方が省電力設計が可能となる。
- ・仕様としては
 - 空中線電力 :200mW以下
 - 隣接チャンネル漏えい電力 :-45dBkHz以下
 - アンテナ利得 :3dBi以下
 - 電気通信回線設備に接続可
 - 変調方式 :4値FSK方式
 - 送信時間 :20ms以下
 - 休止時間 :980ms以上
 - キャリアセンス :要検討
- ・デバイスの入手性
無線業界用語でサブGHzトランシーバICと言われております。
3社以上で取り扱っており品種も10品種以上あるため、将来にわたり部品供給の心配はないと考えます。