

# 実証試験結果速報

2018年2月7日

# 電波伝搬特性の実証試験

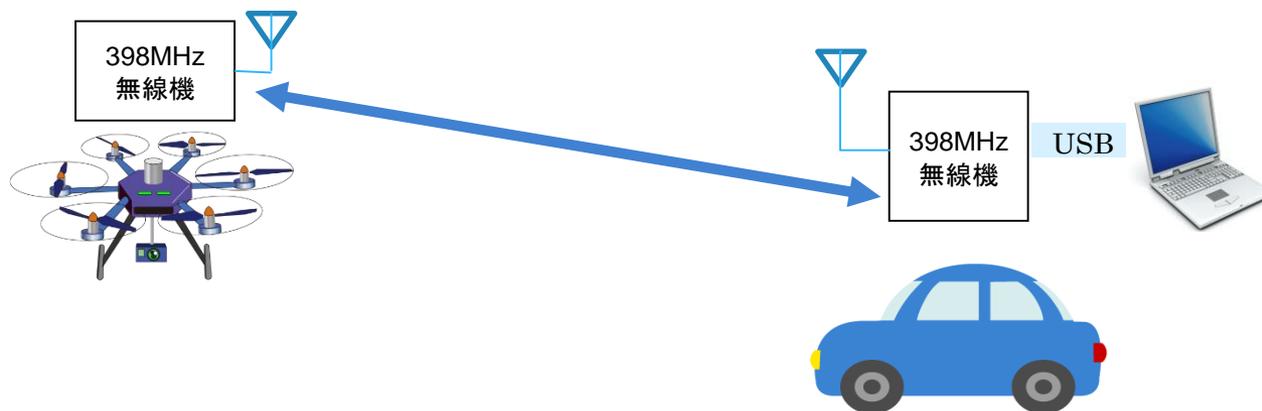
## 【測定場所】

電波発射場所: 宮城県仙台市宮城野区 海岸公園駐車場付近等

## 【使用機材】

- ①位置情報システム用無線機 2台
  - ②ノートパソコン1台
  - ③398MHzアンテナ 1/4 $\lambda$ 1本(無人機側)
  - ④398MHzアンテナ 1/2 $\lambda$ 1本
  - ⑤無人機(マルチコプター) 1機
  - ⑥自動車 1台
  - ⑦トランシーバ 2台
- その他 電源、配線材、など

## 【機器設定】



## 【測定場所】

仙台港から南方方面



# 電波伝搬特性の実証試験

## 【実験手順】

- ①ドローンは一定の場所で飛行させる。  
高度 0、10、20、50、100、149m (6 ポイント) でホバーリングする。  
高度はラジコンテレメトリーの高度センサー(精度約1m)で調整する。
- ②ノートパソコンで双葉タームを起動してTS2(無線機テストコマンド)を打ち込む
- ③移地上局は0.5、1、2、5、10、15、20km (7 ポイント)に移動して観測。
- ④移地上局は各地点でアンテナ高 1m、2m にして測定
- ⑤6×7×2の合計84 点の測定を行う。

※測定例 TS2コマンド

## 【レスポンス】

P0	: コマンド受理
Connect	: 回線接続、測定開始
ooxxoooxo 003 -064dBm	: 測定結果
Disconnect	: 回線切断
N0	: コマンドエラー

## 【機能】

- ・1パケット127バイトのデータを送受信し、10パケット単位でパケットエラーレートを測定し、結果をシリアルに出力。
- ・受信パケットの1パケット毎にエラーがなければ「o」、エラーがあれば「x」を表示。
- ・10個の「o」、「x」の後の数字3桁は、エラーパケット「x」の個数、  
次の3桁は最終パケットの電界強度dBmを示す。
- ・20パケット連続して受信失敗した場合は回線が切断される。

# 電波伝搬特性の実証試験

## 【測定結果】

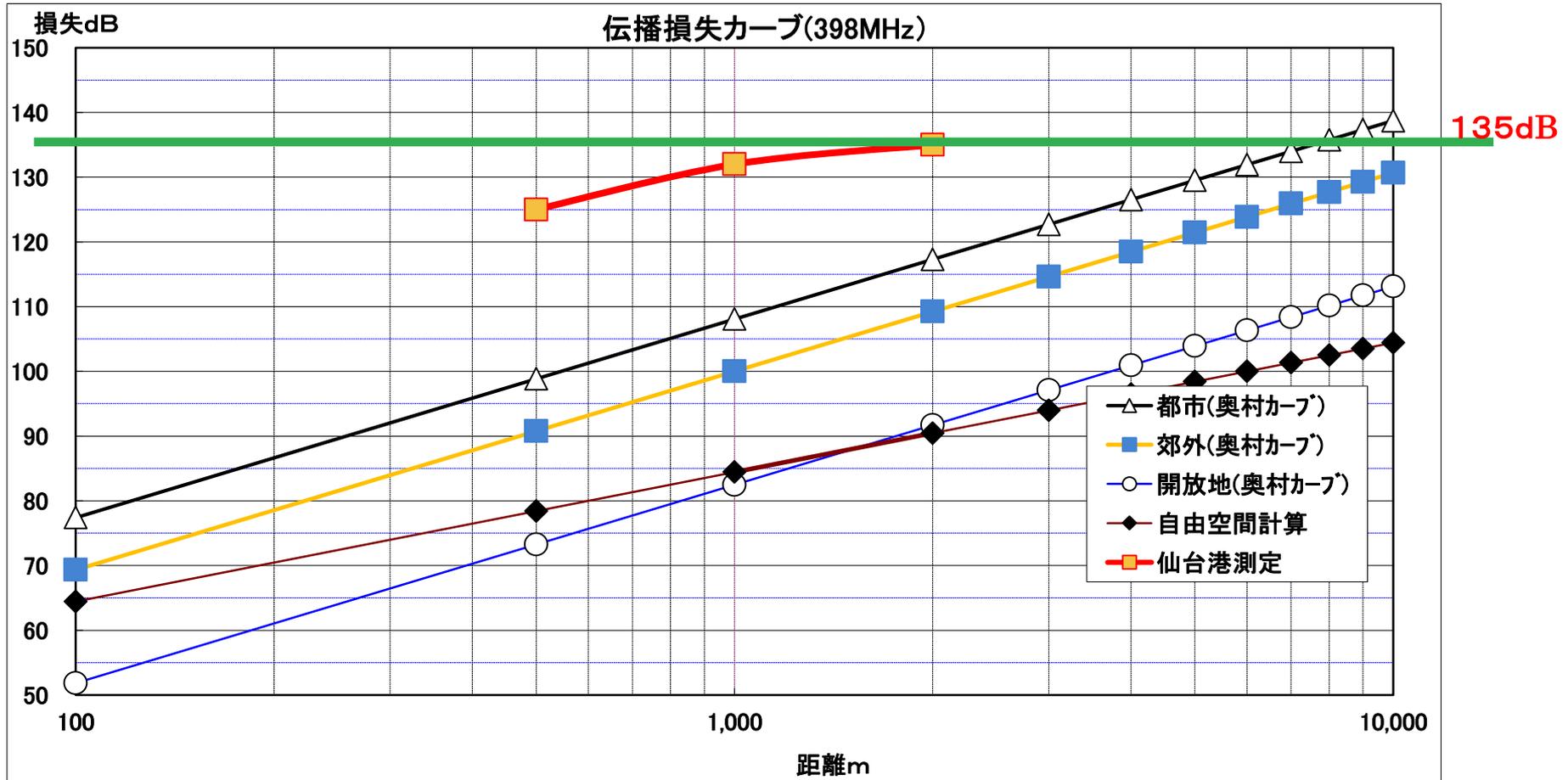
受信アンテナ高1m 受信電力表示 (dBm)

		測定距離(km)						
		0.5	1	2	5	10	15	20
ドローンの高 度(m)	149	-100	-120					
	100	-99	-110					
	50	-103	-108					
	20	-120						
	10							
	0							

受信アンテナ高2m 受信電力表示 (dBm)

		測定距離(km)						
		0.5	1	2	5	10	15	20
ドローンの高 度(m)	149	-100	-107	-110				
	100	-100	-106					
	50	-101	-110					
	20	-110						
	10							
	0							

# 電波伝搬特性の実証試験(解析)



## グラフ解析

- ①本実験機の最大伝播損は135dB ( $23\text{dBm}+0\text{dBi}+2\text{dBi}-(-110\text{dBm})$ )
- ②都市モデルに対しても伝播損が20dB損失している。

## 原因推定

- ①地図上は何もなさそうであったが、現場では、サイドに防波堤(約4m)、土盛り、送電線などがあつた。おそらく、マルチパスによる電力損失より、物体の影になって損失しているような結果となつた。

# 技術検証試験：送信から飛行位置情報を表示するまでの総遅延時間の実証試験

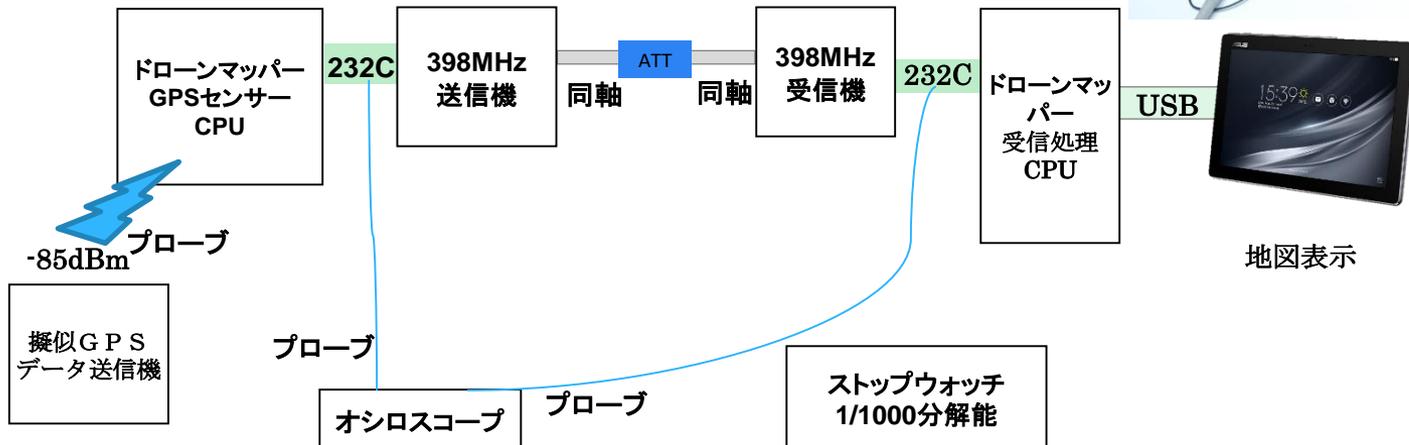
## 【測定場所】

双葉電子工業(株)長生工場内

## 【使用機材】

- ①位置情報システム1式
- ②GPSシミュレータ(擬似GPSデータ送信機) 1台  
実GPSのデータを記録して再送信(国内微弱電波出力以下)する機器
- ③ストップウォッチ 1台
- ④記録カメラ60フレーム/秒 1台
- ⑤その他 電源、配線材、同軸ケーブルなど

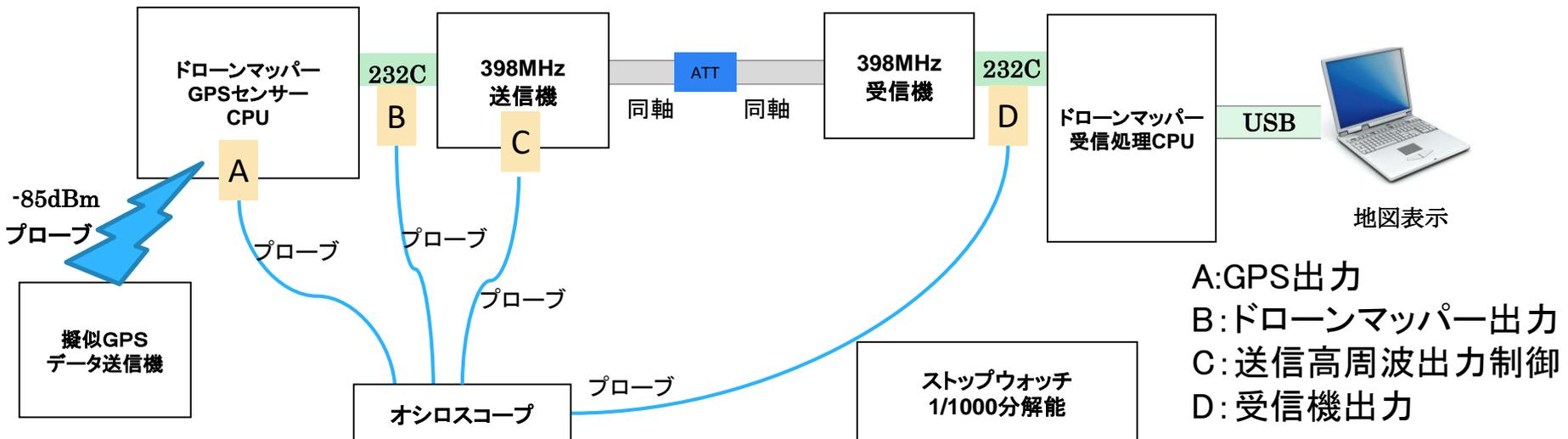
## 【機器設定】



# 技術検証試験：送信から飛行位置情報を表示するまでの総遅延時間の実証試験

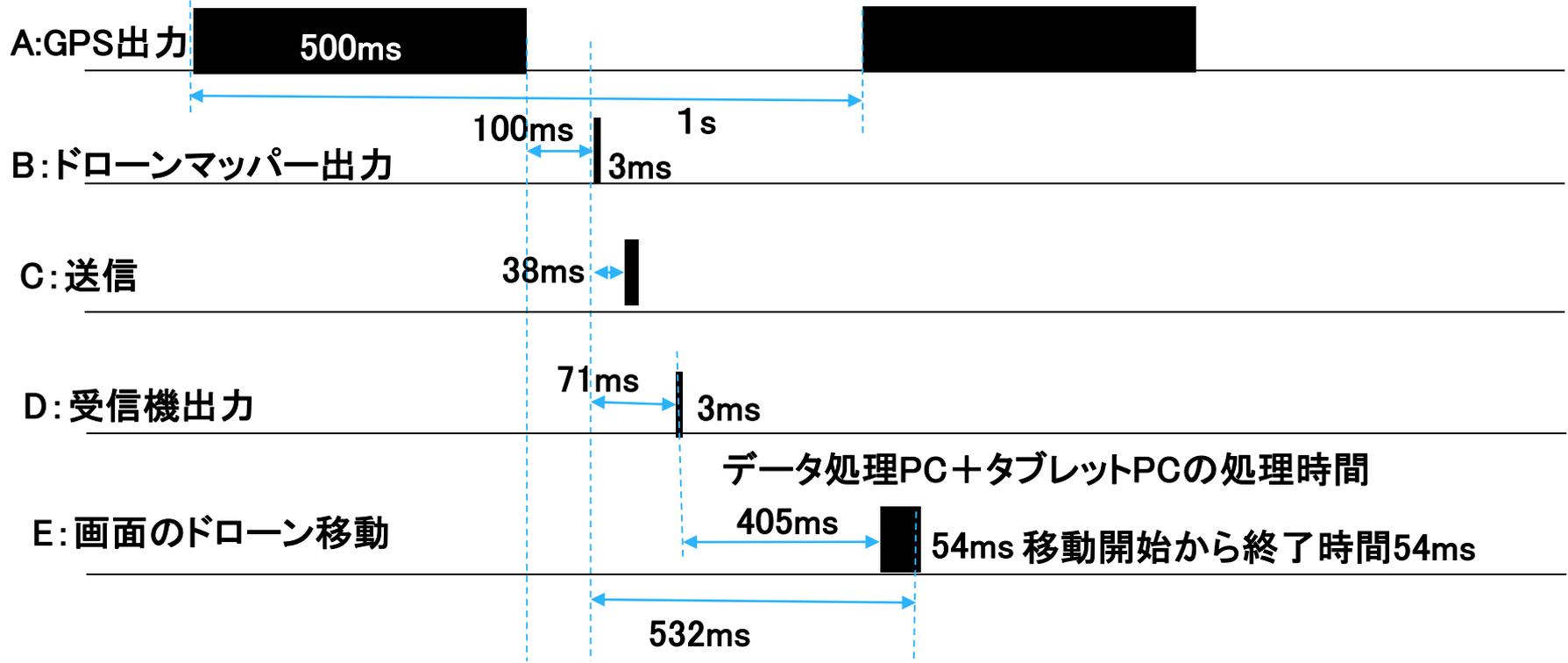
## 【試験手順】

- ①GPSシミュレータ(擬似GPSデータ送信機)にはあらかじめ、屋外で移動したデータを記録しておく。
- ②写真のようにシステムを机上に配置する。
- ③GPSシミュレータ(擬似GPSデータ送信機)から①の記録内容を再生し電波を出して、地図に表示して移動することを確認する。
- ④ドローンマッパーGPSセンサーCPUの出力データをオシロスコープに入れ、それをトリガーにして398MHz受信機の232Cもオシロスコープに入れて、その時間差を観測する。  
→無線区間の遅延が計測できる。
- ⑤ストップウォッチをスタートさせる。
- ⑥398MHz送信機が電波発射するごとにスペクトラムアナライザーで観測できるようにする。  
記録カメラで、送信無線機の送信制御ポートにオシロスコープをつなぐ、スペクトラムアナライザー・ストップウォッチ・地図表示を記録する。
- ⑦カメラの記録データを解析してスペクトラムアナライザーが電波を観測した時間と地図表示の位置変化した時間の差を算出する。



# 技術検証試験：送信から飛行位置情報を表示するまでの総遅延時間の実証試験

## 【測定結果】



・GPSがデータを出してから、画面のドローン移動が完了するまでの時間: 1032ms

・無線機の遅延時間: 74ms

GPSのデータ出力時間とタブレット表示時間がデータ遅延の大きな要素になっている。

GPSセンサーのデータレートを9600bps → 115.2kbpsに設定変更することで  
1032ms → 574msに改善するが、1秒ごとに更新されているのは変わらないので、  
効果がないと思われる。

## 【測定場所】

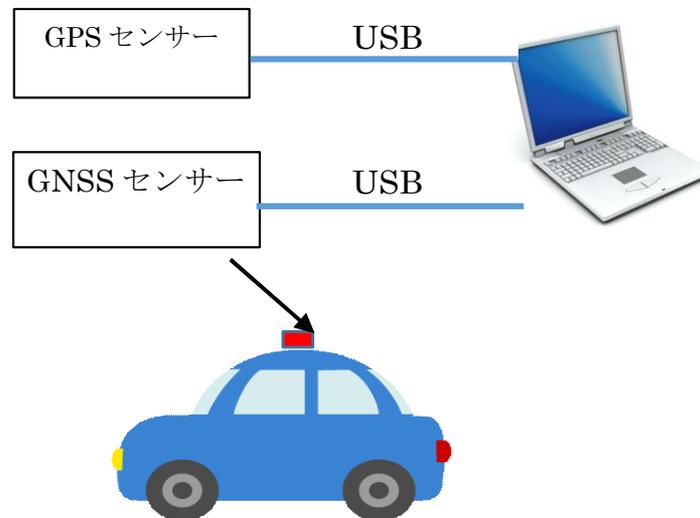
千葉県茂原市近郊

## 【使用機材】

- |                     |    |
|---------------------|----|
| ① GPSモジュール          | 1台 |
| ② GNSSモジュール         | 1台 |
| ③ ノートパソコン(GPS評価ソフト) | 1台 |
| ④ 車                 | 1台 |

測定データ多いの為センサーをドローン搭載して無線で送るのは無理なので車に搭載して記録する。

## 【機器設定】



# 技術検証試験：飛行位置と飛行速度の測能力及びその誤差の実証試験

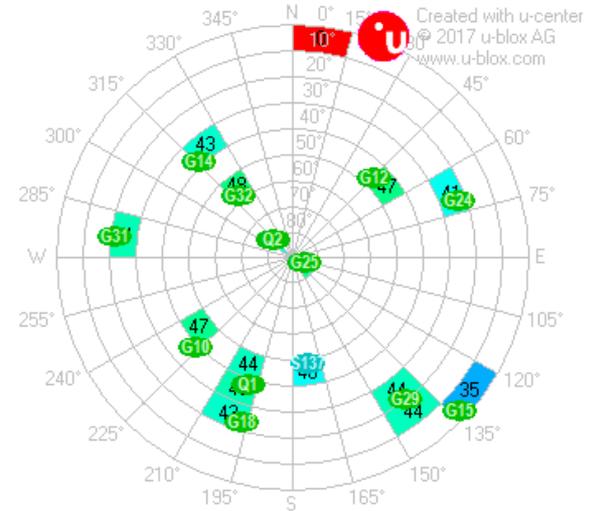
## ➤ GPSとGNSSの単独測位における比較

茂原市近郊 一般公道でアンテナを車体のルーフに装着した状態で計測

### GPS

GNSS精度は1σ (確立68.26%)

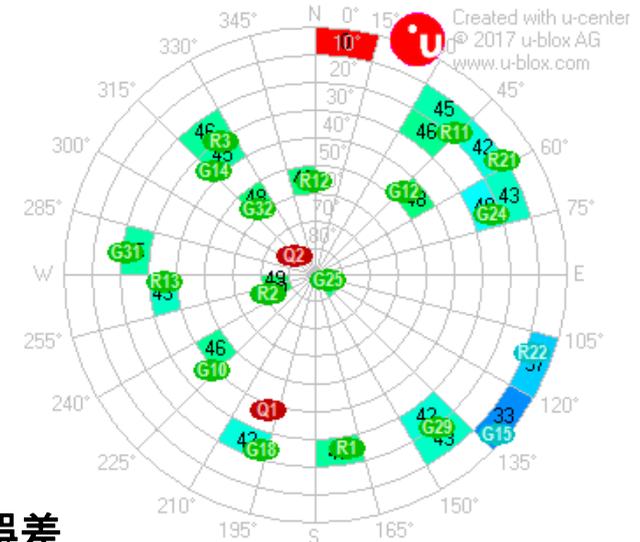
Index	UTC	PACC H	PACC V	SoG		SVs Used
	協定世界時	水平位置精度	垂直位置精度	対地速度		使用衛星数
	time date	m	m	m/s	km/h	機
1	11:19:44.000 11/08/2017	0.747	1.235	0.00	0.00	7
2	11:13:55.000 11/08/2017	1.197	1.964	2.79	10.04	7
3	11:14:20.000 11/08/2017	0.953	1.524	5.64	20.30	7
4	11:14:56.000 11/08/2017	0.826	1.320	8.35	30.06	7
5	11:16:07.000 11/08/2017	0.810	1.299	11.12	40.03	7
6	11:15:57.000 11/08/2017	0.797	1.285	13.89	50.00	7



### GNSS

GPS精度は1σ (確立68.26%)

Index	UTC	PACC H	PACC V	SoG		SVs Used
	協定世界時	水平位置精度	垂直位置精度	対地速度		使用衛星数
	time date	m	m	m/s	km/h	機
1	11:19:44.000 11/08/2017	0.855	1.273	0.00	0.00	9
2	11:13:55.000 11/08/2017	1.098	1.645	2.79	10.04	10
3	11:14:20.000 11/08/2017	0.914	1.381	5.62	20.23	10
4	11:14:56.000 11/08/2017	0.846	1.279	8.34	30.02	10
5	11:16:07.000 11/08/2017	0.819	1.246	11.13	40.07	9
6	11:15:57.000 11/08/2017	0.813	1.289	13.88	49.97	9



時速50kmまでGPS、GNSSとも水平方向1m誤差、垂直方向1.3m誤差となっている。

# 技術検証試験：飛行位置と飛行速度の測能力及びその誤差の実証試験

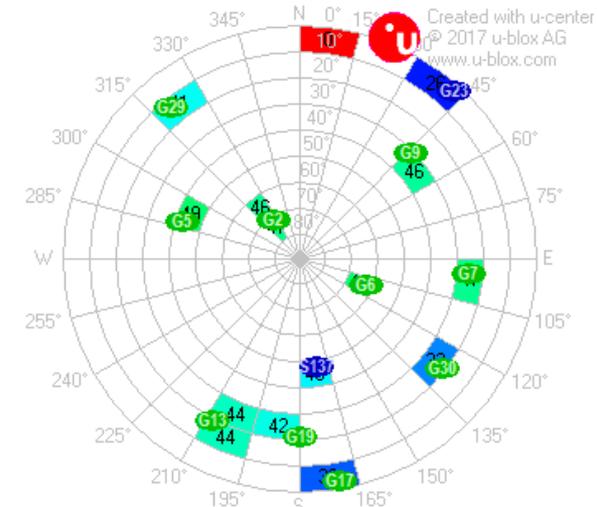
## ➤ GPSとGNSSの単独測位における比較(場所と日時を変えて測定)

千葉県内高速道路にて計測

### GPS

GNSS精度は1σ(確立68.26%)

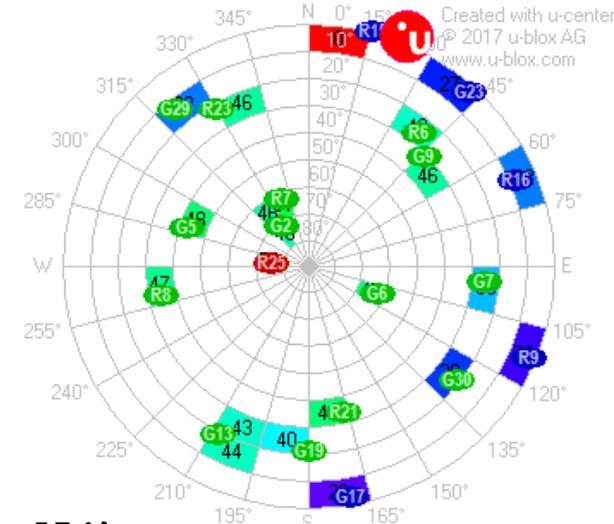
Index	UTC	PACC H	PACC V	SoG		SVs Used
	協定世界時	水平位置精度	垂直位置精度	対地速度		使用衛星数
	time date	m	m	m/s	km/h	機
1	02:30:16.000 11/17/2017	1.227	1.680	21.75	78.30	10
2	02:30:09.000 11/17/2017	1.266	1.754	22.32	80.35	10
3	02:29:56.000 11/17/2017	1.148	1.525	25.00	90.00	10
4	02:29:40.000 11/17/2017	1.122	1.495	26.43	95.15	10
5	02:29:27.000 11/17/2017	1.116	1.504	27.75	99.90	10



### GNSS

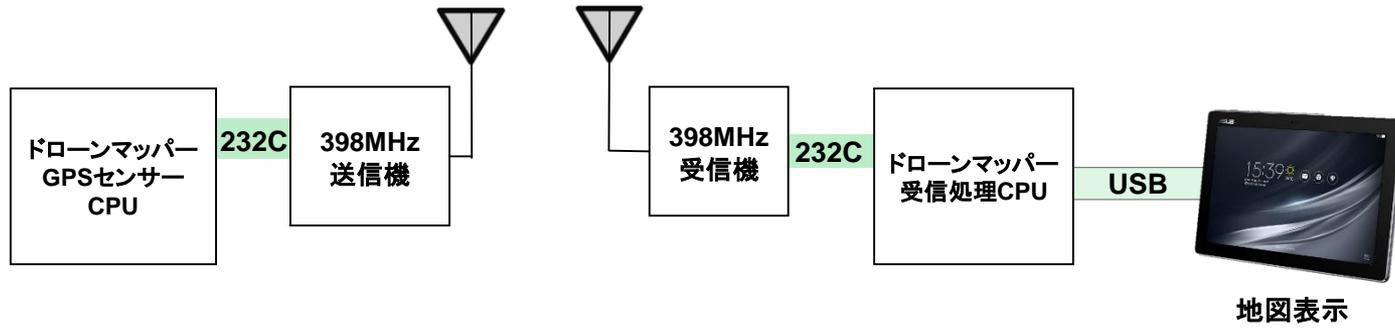
GPS精度は1σ(確立68.26%)

Index	UTC	PACC H	PACC V	SoG		SVs Used
	協定世界時	水平位置精度	垂直位置精度	対地速度		使用衛星数
	time date	m	m	m/s	km/h	機
1	02:30:16.000 11/17/2017	1.017	1.441	21.74	78.26	15
2	02:30:09.000 11/17/2017	1.036	1.462	22.33	80.39	15
3	02:29:56.000 11/17/2017	0.955	1.374	25.01	90.04	15
4	02:29:40.000 11/17/2017	0.950	1.380	26.42	95.11	15
5	02:29:27.000 11/17/2017	0.955	1.392	27.76	99.94	15



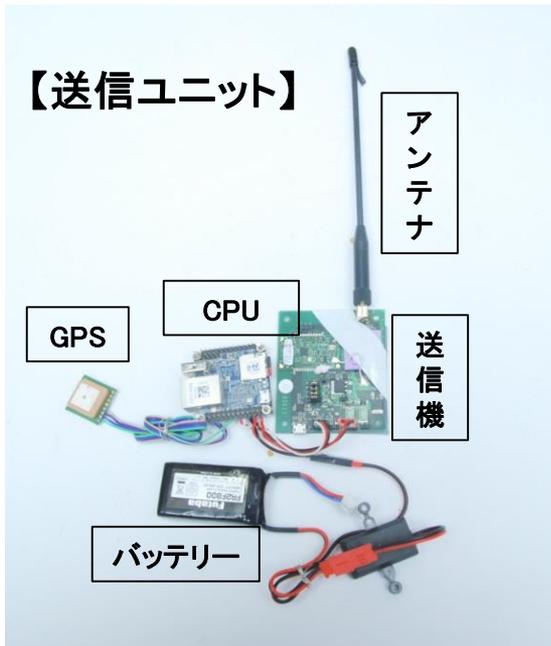
時速80~100kmまでGPS、GNSSとも水平方向1m誤差、垂直方向1.4m誤差となっている。若干GNSSのほうが誤差が小さい。

## 【システム】

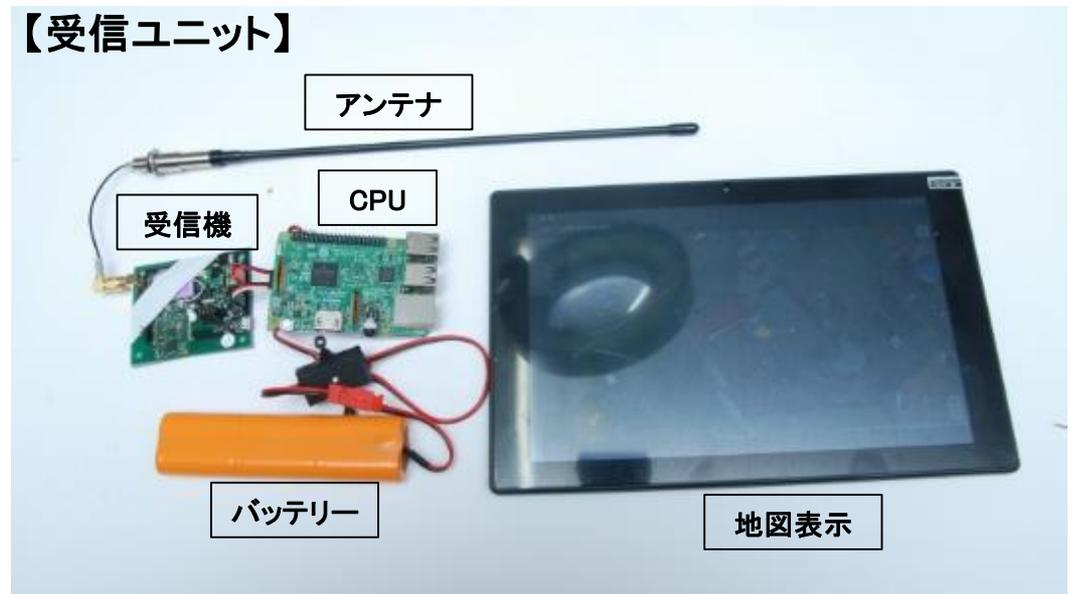


## 【機器写真】

### 【送信ユニット】



### 【受信ユニット】



# 【参考】表示例



17:00

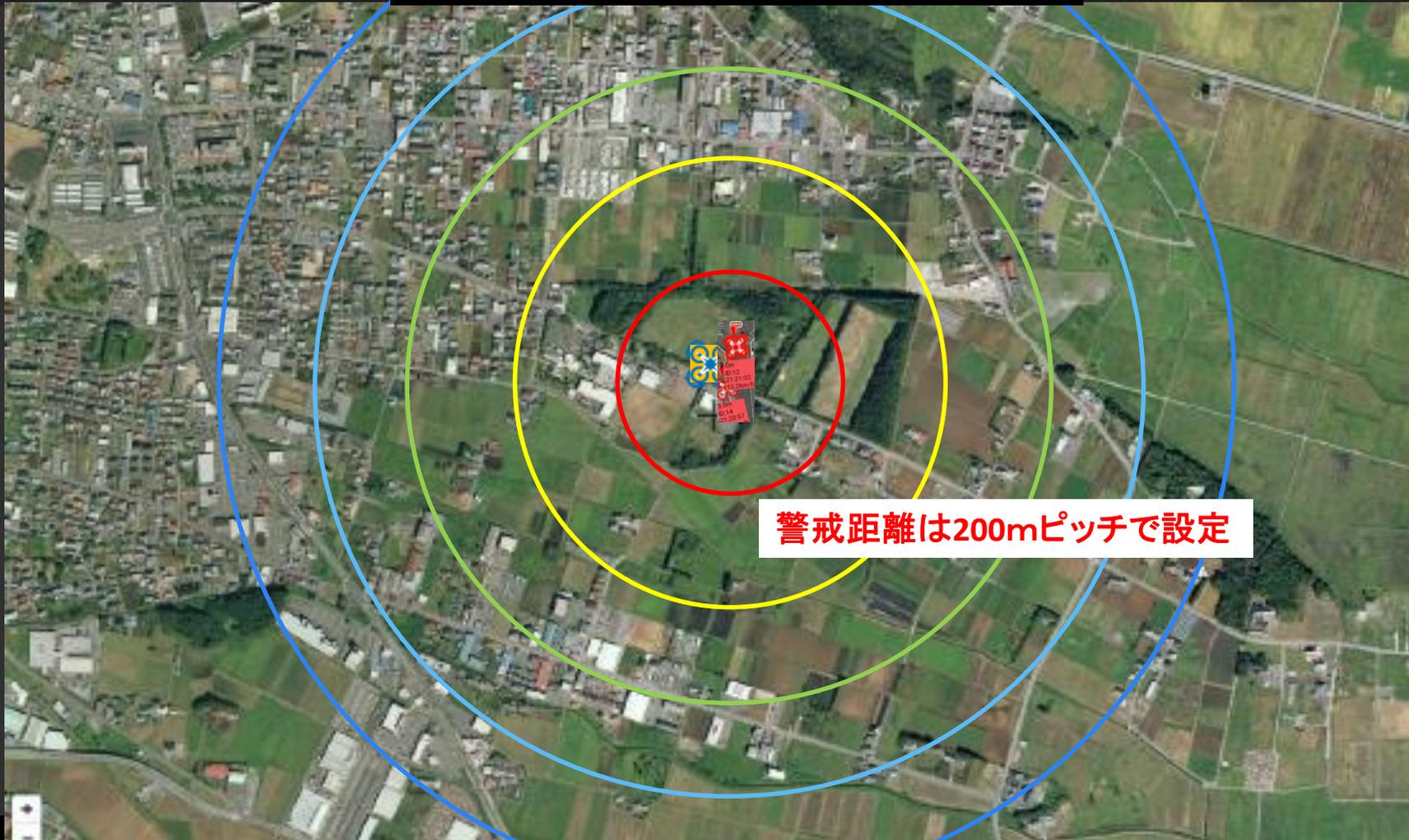
## ドローン位置情報共有表示

自機詳細情報 ID:11  
種別 :Drone  
時刻 :21:21:02  
距離 :0.000m  
緯度 :35.411716  
経度 :140.312057  
高度 :0.0m  
速度 :18.5km/h  
方位 :-6.0度  
RSSI :-045dBm  
ビット情報:  
0011001000

周辺機詳細情報 ID:14  
種別 :Drone  
時刻 :21:20:57  
距離 :24.645m  
緯度 :35.411484  
経度 :140.311996  
高度 :13.0m  
速度 :79.6km/h  
方位 :-13.0度  
RSSI :-046dBm  
ビット情報:  
0011001000

周辺機詳細情報 ID:13  
種別 :Drone  
時刻 :21:21:02  
距離 :2.552m  
緯度 :35.411720  
経度 :140.312073  
高度 :1.0m  
速度 :21.3km/h  
方位 :-7.5度  
RSSI :-054dBm  
ビット情報:  
0011001000

周辺機詳細情報 ID:15  
種別 :Drone  
時刻 :21:21:02  
距離 :0.000m



警戒距離は200mピッチで設定

# 【参考】表示例

id	datetime	nodeid	type	time	latitude	longitude	velocity	bearing	altitude	bitdata	msgtype	rss
計測番号	日時(PCがデータを受け取った時間)	機器識別番号	機器タイプ	GPS時間	緯度	経度	速度 Km/h	移動方向北を0度	高度 m	オプションビット(24bit)	中継数(-1)	無線受信電力-dBm
8229	2017/12/26 14:36:01	15d		14:36:00	37.633482	140.995097	0	0	1	000000010011001000110001	1	77
8230	2017/12/26 14:36:01	11d		14:36:00	37.633024	140.994861	0	0	1	000000010011001000110001	1	64
8231	2017/12/26 14:36:01	12d		14:36:00	37.633170	140.994569	0	0	3	000000010011001000110001	1	60
8232	2017/12/26 14:36:01	13d		14:36:00	37.633389	140.994719	0	0	0	000000010011001000110001	1	79
8233	2017/12/26 14:36:01	14d		14:36:00	37.633348	140.994893	0	0	7	000000010011001000110001	1	65
8234	2017/12/26 14:36:02	15d		14:36:01	37.633489	140.995091	0	0	1	000000010011001000110001	1	77
8235	2017/12/26 14:36:02	11d		14:36:01	37.633029	140.994868	0	0	1	000000010011001000110001	1	64
8236	2017/12/26 14:36:02	12d		14:36:01	37.633170	140.994560	0	0	3	000000010011001000110001	1	60
8237	2017/12/26 14:36:02	13d		14:36:01	37.633380	140.994718	0	0	0	000000010011001000110001	1	79
8238	2017/12/26 14:36:02	14d		14:36:01	37.633341	140.994898	0	0	9	000000010011001000110001	1	65
8239	2017/12/26 14:36:03	15d		14:36:02	37.633482	140.995097	0	0	1	000000010011001000110001	1	77
8236	2017/12/26 14:36:03	12d		14:36:02	37.633170	140.994569	0	0	3	000000010011001000110001	1	60

※シールドルーム内でGPSシミュレーターと位置情報システム5台のデータを取得

## ①詳細情報

自機(中心の端末)に関する詳細情報を表示します  
また、周辺に存在する端末の詳細情報を表示します。

## ②地図情報

地図上に端末の位置をマッピングします。下記の情報が表示されます  
周辺距離情報を円表示します。(設定画面で表示するを選択した場合のみ)

- 赤色: 設定距離(m)
- 黄色: 設定距離×2(m)
- 緑色: 設定距離×3(m)
- 水色: 設定距離×4(m)
- 青色: 設定距離×5(m)

端末の色情報は下記のように変化します

- オレンジ : 自機
- 赤色 : 警戒範囲内に存在する端末
- 青色 : 警戒範囲外に存在する端末

端末のアイコン種類は右記の種別が表示されます。⇒

type



**S** Station(地上局)



**d** Drone(ドローン)



**h** Heli(有人回転翼機)



**p** AirPlane(固定翼機)



**a** DroneAirplane(無人固定翼機)



**V** Vehicle(地上車両)

通信が設定秒数途絶した場合アイコン上に  が表示されます