

小型 2 周波数 GNSS による精密飛行の検討

○西川啓一 (i システムリサーチ株)

三輪昌史 (徳島大学)

1. はじめに

UAV を利用して、橋梁・ダムや堤防などインフラを管理するため測量または 3D モデル構築を行う際、UAV をいかに計画通りに飛行させるかが成果の精度に大きく影響する。例えばコンクリート堤防などのひび割れを検出する場合、堤防壁よりカメラ位置を一定の距離で正対して撮影することにより 0.2mm 程度のひび割れを一定の精度で自動検出することが可能である。筆者らはこれまで RTK-GNSS を用いた精密自動飛行を研究してきている [1]。

昨今、小型で高精度な GNSS が入手できるようになってきた。本稿では入手できた 2 機種について比較を行った結果について報告する。

2. 小型 GNSS に必要な機能

UAV に搭載する GNSS についての要求機能を下記に示す。

- ① 50g 以下であること
- ② RTK-GNSS が GNSS 基板内でできること
- ③ 利用可能衛星が GPS, GLONASS 以外に, Galileo, Beidou などが利用できること
- ④ FIX 解が高速に得られること
- ⑤ 1 秒間に 5 回以上測位できること
- ⑥ 衛星信号受信から測位出力までの時間が短い事
- ⑦ 補正情報 (RTCM) を入力するインタフェースとフライトコントローラに接続するインタフェースの 2 つ以上を持っていること (フライトコントローラ経由で補正情報を GNSS に入力する場合はこの限りでない)

①および②については GNSS をドローンに搭載する場合、搭載重量は飛行時間に大きな影響を与える。よって、GNSS 自身も軽い方が良いし、また測位を行うために外付けで CPU が必要なものは使いづらい。

③については、ドローンの飛行の目的としてインフラ管理をする場合、できるだけ対象物に近づくことが要求される。すなわち、上空視界が狭い状態での飛行を強いられる。この時、多くの衛星を捕捉するために、多種の衛星を利用できることが望ましい。

⑤および⑥は機体コントロールのために重要でこれが劣ると機体の安定が困難となる。

これを満たし、かつ入手可能なものとして、今回は Ublox 社の F9P と Septentrio 社の Mosaic-X5 を選択し比較した。

2.1 仕様比較

F9P と MosaicX5 の仕様書上の比較を行う。各仕様は F9P については「ZED-F9P - Data sheet」より抜粋した。また MosaicX5 は「Septentrio Mosaic-X5 Datasheet」より抜粋した。表 1 に二つの GNSS の仕様比較表を示す。精度については両方で表現が違う。CEP と RMS ではおおよそ下記の式が成り立つ。

$$RMS = CEP / 0.83$$

2.2 搭載基板比較

図 1 は F9P を搭載した基板の写真である。サイズは 44mm × 43mm、重さは 7g である。電源は USB または端子より 5V を供給する。

図 2 は Mosaic X5 を搭載した基板の写真 (オプションの Ethernet コネクタ付) である。サイズは 70mm × 47mm、重さは 33g であった。電源はコネクタより 5V または 8~30V 供給または USB による 5V 供給である。

2者で大きく異なる部分是对应する衛星信号である。

表 1 GNSS 仕様比較

Manufacturer		Ublox	Septentrio	
		F9P	Mosaic X5	
チャンネル数		184	448	
受信衛星	GPS	L1C/A	○	
		L1C	○	
		L2C	○	
		L2P	○	
		L5	○	
	GLONASS	L1CA	○	
		L1 CDMA		
		L2CA	○	
		L2 CDMA		
	Beidou	L2P	○	
		L3 CDMA	○	
		B1I	○	
		B1C	○	
	Galileo	B2a	○	
		B2I	○	
		B3	○	
		E1	○	
		E5a	○	
	QZSS	E5b	○	
		L6	○	
AltBoc		○		
L1		○		
L1C		○		
L2C		○		
Position		RTK	8Hz(RTK)	100Hz(RTK)
Accuracy	Horizontal Pos.	1cm+1ppm CEP	6mm+0.5ppm RMS	
	Vertical Pos.	1cm+1ppm R50	1cm+1ppm RMS	
Interface	UART	2	4	
	Ethernet	×	option	
	USB	TypeC	Micro	

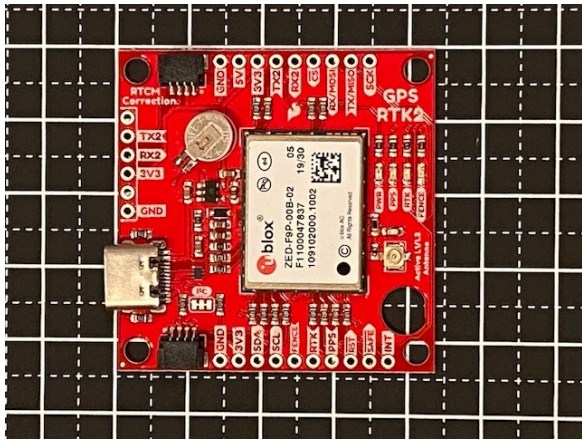


図 1 F9P 搭載基板

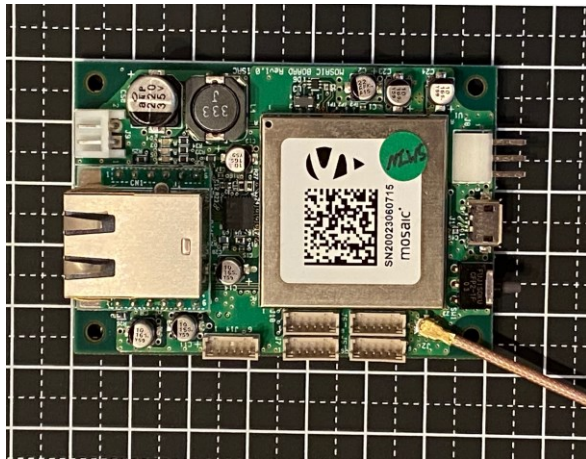


図 2 Mosaic X5 搭載基板

3. 実測

この二つの基板を利用し、実際に FIX までの時間、FIX 後の変動を実測する。

3.1 実験ブロック構成

実測のブロック構成を図 3に示す。基準局には受信できる電波の種類が多い Mosaic X5 とした。基準局より F9P 用の補正データ 1 と Mosaic X5 用補正データ 2 を同時に生成しそれぞれの移動局 GNSS に入力する。この時、基準局の座標は予め VRS を用いて正確な座標を求め、設定しておく。移動局は GNSS 受信信号を等しくするため、一つのアンテナを分波器にて二つに分け、それぞれの GNSS に入力する。

各移動局の測位データは NMEA-GGA (以下 GGA) を PC にて記録し、同時刻のデータで比較する。なお、アンテナの電源は F9P から供給する。

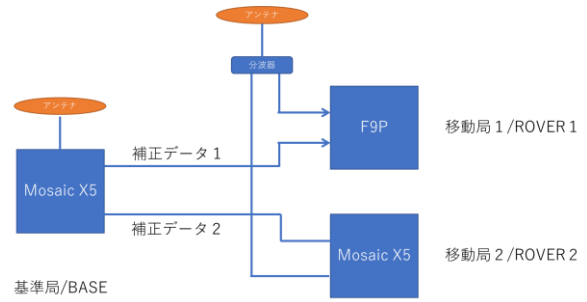


図 3 実験ブロック構成

3.2 FIX 時間

FIX 時間は、分波器入力側にスイッチを入れ、移動局アンテナの信号の ON/OFF を行うことで比較した。スイッチ切断後、双方の GNSS の受信衛星数が GGA 出力で 0 になったことを確認した後スイッチを ON する。GGA 出力において GPS Quality indicator=4 (FIX) になるまでの時間を計測した。また衛星数は同じく GGA 出力の Number of SVs in use を採用した。

FIX 時間比較は建物から 10m 離れた場所 (平地) と建物の壁から 3m 離れた場所 (建物横) の 2 か所で行った。結果を表 2 に示す。

平地は F9P の方が FIX が早い結果が出た。衛星数は Mosaic X5 が多い。建物横では Mosaic X5 が FIX も早く、衛星数も多いという結果であった。

建物横では F9P は衛星数が変わらないという結果が出ているが、FIX 時間が遅くなる傾向にあった。

MosaicX5 では建物横は衛星数が減っているものの FIX 時間があまり変わらない結果であった。

表 2 FIX 時間比較

	F9P		Mosaic X5	
	FIX時間	衛星数	FIX時間	衛星数
平地	5	12	10	20
	7	12	13	18
	5	12	13	19
	6	12	6	13
	8	12	10	16
平均	6.2	12.0	10.4	17.2
建物横	39	12	13	18
	24	12	8	13
	38	12	15	16
	32	12	14	16
	33	12	18	13
平均	33.2	12.0	13.6	15.2

3.3 FIX後の測位結果

平地において RTK-FIX させたまま、F9P および Mosaic X5 の 1 秒毎の GGA 出力を 60 分間記録した。

3.3.1 測位差分

60 分間の平均を表 3 に示す。60 分間の捕捉衛星数は F9P が 12 個、Mosaic X5 では 17 個～21 個であった。

F9P および Mosaic X5 間で水平方向の差はほとんど見られない。高さ方向は 5mm ほどの差が生じている。

表 3 測位結果比較

F9P		
X[m]	Y[m]	Z[m]
64247.483	-48365.000	10.884
Mosaic X5		
X[m]	Y[m]	Z[m]
64247.483	-48365.000	10.889
差分		
ΔX [m]	ΔY [m]	ΔZ [m]
0.0008	0.0001	-0.0050

3.3.2 3軸方向のバラツキ

60 分における X,Y,Z 方向のバラツキを RMS 値で求めた結果を表 4 に示す。また、バラツキの分布を図 4～図 6 に示す。緑の点が F9P、赤の点が Mosaic X5 を示している。Mosaic X5 の点が比較的中央にまとまり、その外側に F9P の点があるように見える。

また、水平方向より高さ方向に分布が広がっているように見える。

表 4 3軸方向のバラツキ

F9P		
RMS:X[cm]	RMS:Y[cm]	RMS:Z[cm]
0.318	0.303	0.905
Mosaic X5		
RMS:X[cm]	RMS:Y[cm]	RMS:Z[cm]
0.223	0.225	0.725

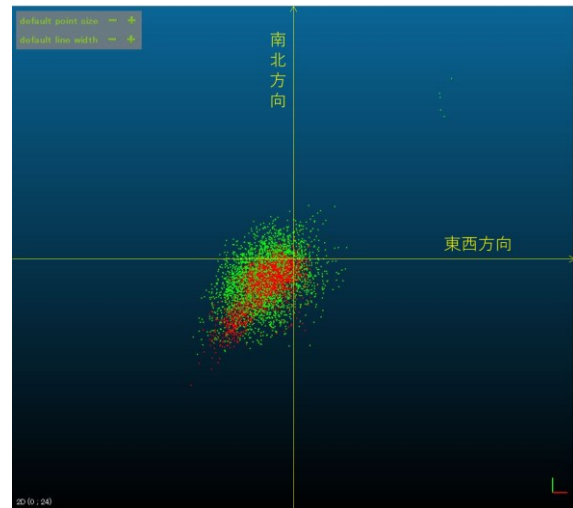


図 4 水平方向の分布

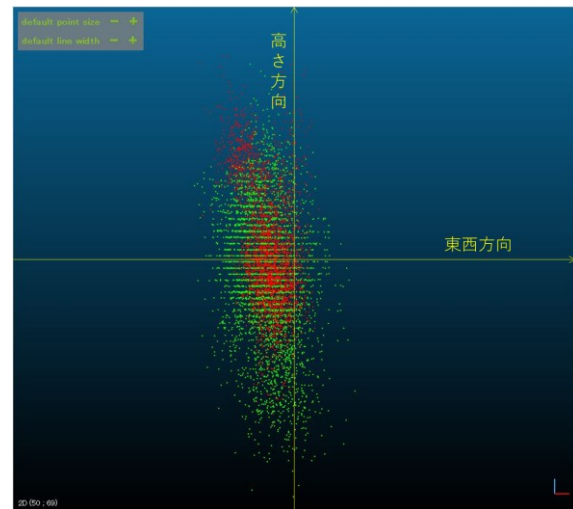


図 5 東西－高さ方向の分布

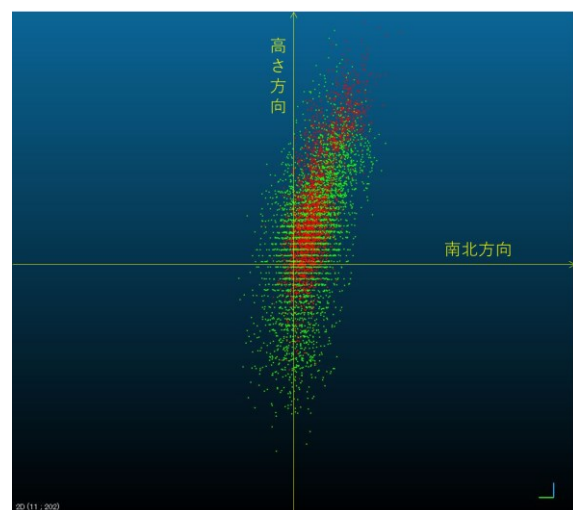


図 6 南北－高さ方向の分布

4. まとめ

以上の様に 2 種の小型 GNSS の比較を行った。結果、上空視界が開けた空間では両者はあまり差が無いように見受けられる。ただ、インフラ管理などで対象物に近づくことが必要な場合など斜面や壁に近い部分では Mosaic X5 が優位になるのではないかとと思われる。

小型 GNSS の性能比較においては環境側面が大きく、別の場所で行うと違った結果になる事もある。今回の比較では仕様書を上回る性能を示す項目もあった。

今後、GNSS 信号を受信してから測位結果を出力するまでの時間や移動時における測位性能など比較を行いながら、ドローンに搭載した際のドローン自体の位置決めに関わる性能評価を行っていきたいと考えている。

参 考 文 献

- [1] 西川啓一 三輪昌史 荒木. (2019 年 12 月). 高精度自動離着陸・飛行ドローン. 検査技術, P27-32.