

# 干渉波のGPS受信機への影響

衛星技術部 伊藤 実 星野尾 一明

## 1. まえがき

現在、国際民間航空機関（ICAO）で民間航空航法に米国の全地球的測位システム（GPS）やロシア連邦の全地球的航法衛星システム（GLONASS）を利用した全地球的航法衛星システム（GNSS）を導入することを検討している。

現在のGPSやGLONASSを民間航空に利用するには、インテグリティ（完全性）の確保、測位精度およびアベイラビリティ（利用性）の保証のため、補強システムを構築する必要がある。

補強システムの一つとして、静止衛星を利用する静止衛星型衛星航法補強システム（SBAS）があり、我が国では、運輸多目的衛星（MTSAT）による運輸多目的衛星用衛星航法補強システム（MSAS）の整備が進められている。また、米国、欧州等ではそれぞれWAAS、EGNOS整備が進められている。

補強対象となるGPSについては、近年GPSの脆弱性が問題とされ、米国で検討が進められている。GPSは、干渉に弱いとされるが、干渉波がGPSにどのように影響を与えるか、わが国では、定量的な検討はあまりされていない。

GPS受信機がどのような周波数、強度の干渉波で影響を受けるか、GPSシミュレータを用い

た測定と実験用航空機を用いて飛行中のGPS受信信号への干渉波の検出実験を行ったので報告する。

## 2. 測定方法

図1に、干渉波のGPS受信機への影響を測定のための装置の構成を示す。GPS信号発生器からのGPS信号と干渉波信号発生器からの干渉波信号をGPS信号発生器制御装置で制御して測定を行う。

GPS信号は、L1、C/Aコード、信号強度 -130dBm 及び固定位置情報を設定した。

干渉波としては、単一の連続波（CW）、広帯域雑音、パルス等が考えられるがここではCWを干渉波とした。

測定は、GPS受信機がGPSシミュレータからのGPS信号を安定して受信し測位しているところへ干渉波（CW）を加え、30分間安定して測位できるかの判断と測位値及びC/N<sub>0</sub>劣化を測定した。

測定に用いたGPS受信機は、Standard Correlator と Narrow Correlator の2機種である。

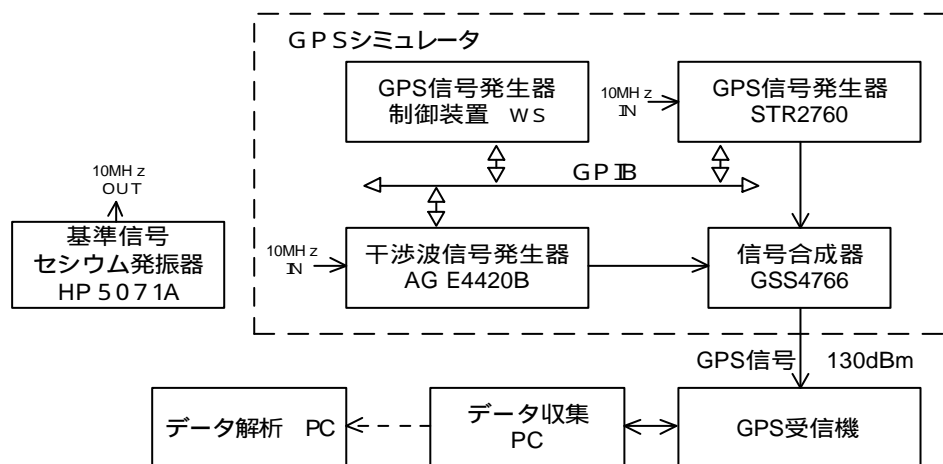


図1 測定構成

また、実験用航空機を用いた干渉波測定は、GPS アンテナからの受信信号をGPS 受信機 (Narrow Correlator) とスペクトラムアナライザへ同時に入力し、干渉波の検出とGPS 受信機への影響を測定した。このとき、GPS 受信機からのデータをパソコンに0.5秒間隔で記録を行った。スペクトラムアナライザの収集は、

中心周波数 : 1575.42 [MHz]

スパン : 10 [MHz]

分解能帯域幅: 20 [kHz]

データ取込 : 51.2 [Msps]

で、スペクトラムアナライザに規定値以上の信号の入力があると、データが記録される設定とした。

なお、飛行は、高度9,000/10,000フィート、巡航速度160ノットで行った。

### 3. シミュレータ測定結果

#### 3.1 測位可能最大 I/S

図2に、干渉波の周波数を変えたときにGPS 受信機が正常に測位できる最大の干渉波電力 (I) 対GPS 信号電力 (S) 比 I/S を示す。

この図から Standard Correlator と Narrow Correlator の受信機とも、C/A 信号の帯域内 (2.046 MHz 内) では I/S 25dB 以上で測位不可能となるが、1MHz 以上に離すと、I/S 約40dB 以上でも測位可能であることがわかる。

#### 3.2 測位誤差

図3、図4は、I/S に対する測位誤差の標準偏差と測位誤差の平均値を干渉波がないとき (-25dB) を基準として表している。

図3 (a) は、Standard Correlator での干渉波周波数がGPS 中心周波数のときに I/S 25 ~ 26dB で測位誤差の平均値は、0.2 m、標準偏差 0.4 ~ 0.7 m である。I/S 27dB 以上では、測位不可能となる。

図3 (b) は、Standard Correlator での干渉波周波数がGPS の中心周波数+1MHz のときに I/S 35 ~ 45dB で測位誤差の平均値は、0.1 ~ 0.4 m、標準偏差 0.1 ~ 0.5 m である。I/S 46dB 以上では、測位不可能となる。

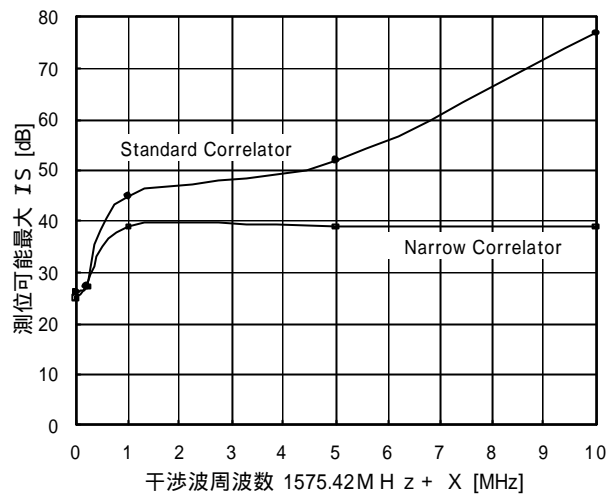
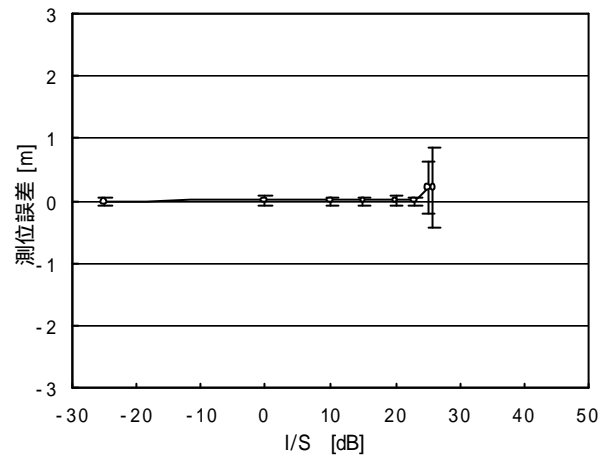
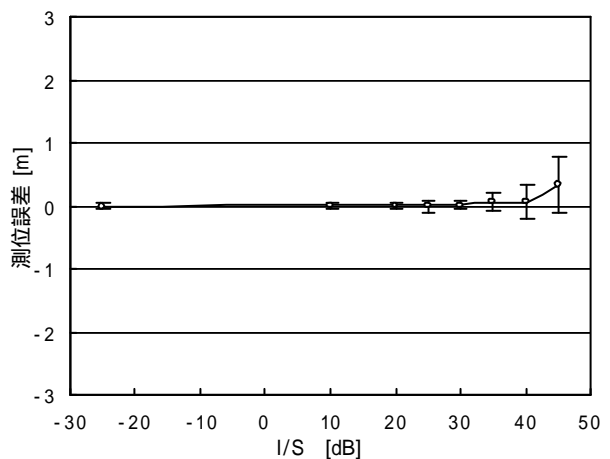


図2 測位可能最大 I/S

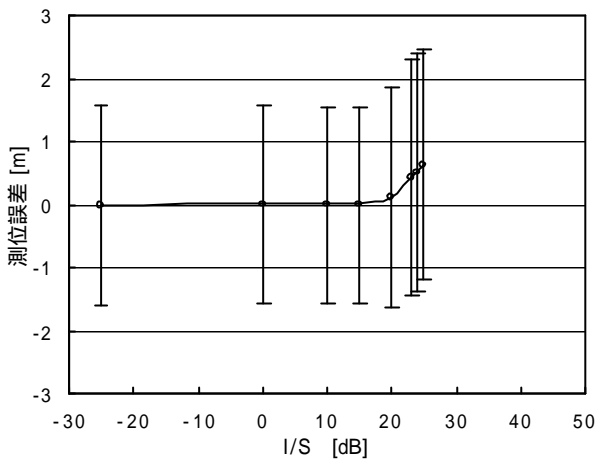


(a) 干渉波 : 1575.42 [MHz]

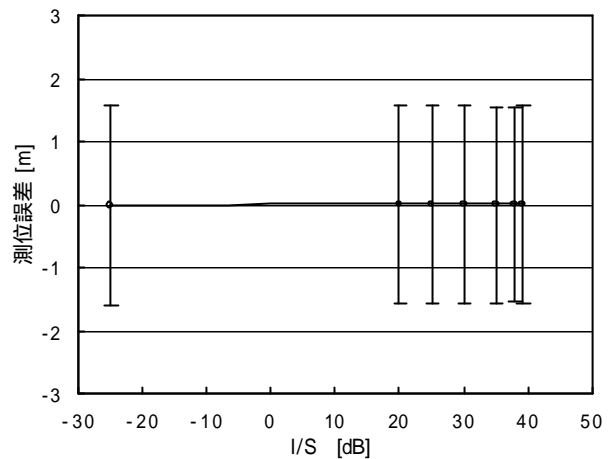


(b) 干渉波 : 1575.42+1 [MHz]

図3 I/S 対測位誤差 (Standard Correlator)



(a) 干渉波 : 1575.42 [MHz]



(b) 干渉波 : 1575.42+1 [MHz]

図4 I/S 対測位誤差 (Narrow Correlator)

図4 (a) は、Narrow Correlator での干渉波周波数がGPSの中心周波数のときにI/S 23 ~ 25dB で測位誤差の平均値は、0.4 ~ 0.6 m、標準偏差 1.8 ~ 1.9 mである。I/S 26dB 以上では、測位不可能となる。

図4 (b) は、Narrow Correlator での干渉波周波数がGPSの中心周波数 + 1MHz のときにI/S 20 ~ 39dB で測位誤差の平均値は、0.01 m以下、標準偏差 1.6 mである。I/S 40dB 以上では、測位不可能となる。

### 3.3 受信 C/N<sub>0</sub>劣化

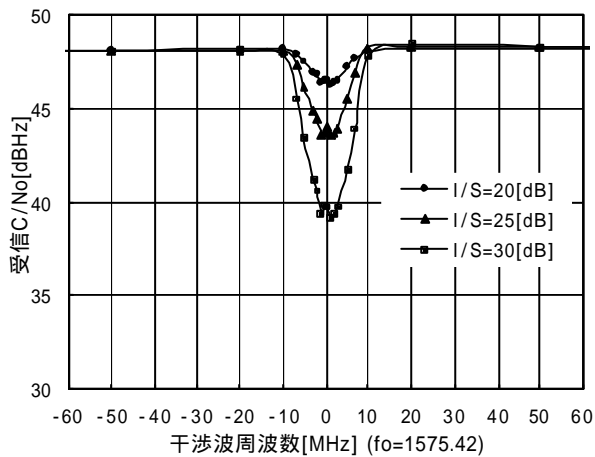
図5 は、干渉波の周波数を - 50MHz から +

50MHz まで変化させ、I/S を 20dB、25dB、30dB としたときのGPS受信機の受信C/N<sub>0</sub>を表している。

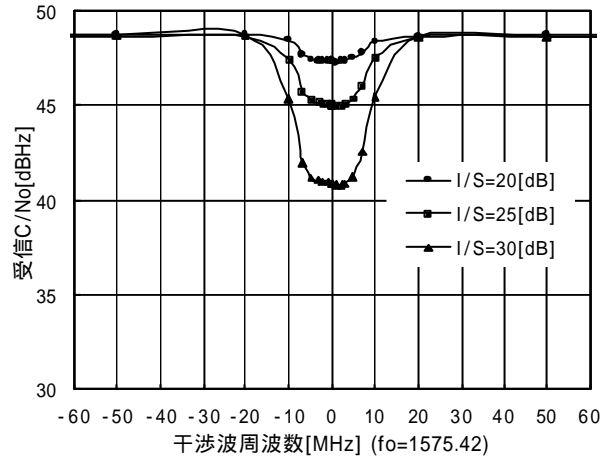
図5 (a) は、Standard Correlator のときで干渉波の周波数が ± 10MHz から中心周波数近づくほど、干渉波の強度が強くなるほど、受信 C/N<sub>0</sub> の劣化が大きくなる。

図5 (b) は、Narrow Correlator のときで干渉波の周波数が ± 20MHz から影響が出始め、 ± 5MHz 付近からは、影響はほぼ同じである。

GPS シミュレータによる測定での Standard Correlator と Narrow Correlator の差は、Correlator だけではないと思われる。



(a) Standard Correlator



(b) Narrow Correlator

図5 干渉波対受信 C/N<sub>0</sub>

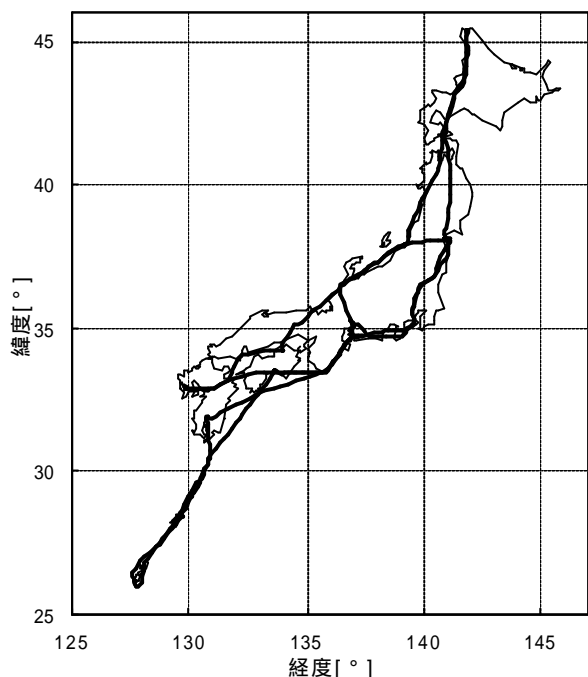


図6 飛行経路

### 3.4 飛行測定結果

図6の飛行経路で飛行中のデータ収集を実施した結果、GPSの中心周波数±5MHz内に観測された干渉波の周波数を表1に示す。

図7は、干渉波が観測された受信スペクトラムの1例である。干渉波は、1578.1825MHzで強度はGPS信号より15dB強い信号（スペクトラムアナライザの画面上）である。このときにGPS受信機の測位への影響はなかった。そのほかに観測された干渉波のときも影響はなかった。なお、干渉波の内容については、特定できていない。

### 4. あとがき

干渉波がGPS受信機に与える影響は、GPS信号の中心周波数近傍では、I/S 25dB以上、±1MHz以上離れた場合は、約40dB以上大きくなければ影響のない事が確認できた。

また、飛行中の干渉波も確認されたがGPS受信機に影響を及ぼすことは、今回の測定では見られなかった。

表1 観測干渉波

| 干渉波周波数 [MHz] | スペクトラムアナライザの画面上での干渉波とGPS信号との差 [dB] |
|--------------|------------------------------------|
| 1573.2700    | 1.8                                |
| 1576.7200    | 3.8                                |
| 1577.8200    | 3.0                                |
| 1577.8700    | 4.0                                |
| 1578.0450    | 5.3                                |
| 1578.0950    | 4.9                                |
| 1578.1825    | 15.0                               |
| 1579.7950    | 3.9                                |

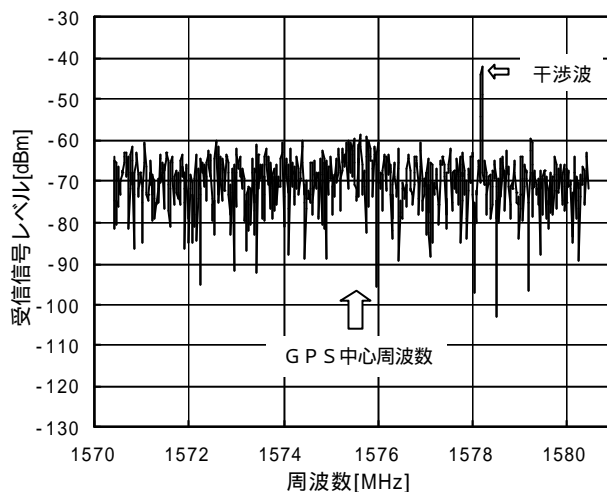


図7 受信スペクトラム