

飛翔体搭載機器の EMC 試験用 電磁波測定装置の開発

0855005 奥田 貴大

1. はじめに

EMC(ElectroMagnetic Compatibility) とは電磁両立性を表しており、電子機器や電子装置が電磁的周囲環境に影響を与えず、性能劣化や誤作動などを生じることなく、設計どおりに動作し得る能力に関する概念のことである。EMC は科学探査の分野においても重要視されており、自然電波等を観測するための観測ロケットや科学探査機に電波受信機が搭載されるとき、その他の機器からの電磁波が放射されていると、目的の電波が受信できなくなるため EMC 試験を実施する必要がある。日本で初めて人工衛星搭載機器に対する系統立った EMC 試験は、1992 年 7 月 24 日に打ち上げられた日米共同科学衛星 GEOTAIL に対して実施された。測定は外来からの電界ノイズの混入を防ぐため、搭載機器を磁気シールドルーム内に設置し、伝導性放射、直接放射の電界と磁界の 3 項目について測定が行われた。特に単体機器を対象とした測定とその改修の繰り返しの結果、GEOTAIL は従来の衛星では経験しなかった極めて雑音の少ない衛星として完成することができた [1]。この実績により、EMC 試験は人工衛星を完成させる過程で必要不可欠な実施項目であることが改めて確認された。

2. これまでの EMC 試験用測定装置

上述のような科学衛星搭載機器の EMC 試験において、測定時間の短縮など効率を高めるために雑音周波数ダイナミックスペクトル表示システムが開発された。このシステムはアンテナなどの検出器をスペクトルアナライザに接続し、スペクトルアナライザにより測定・解析されたデータを PC 上で表示している (図 1)。このシステムの測定範囲は 10 Hz から 100 kHz で、時間分解能は 6 秒である。PC 上の表示画面はダイナミックスペクトル表示で、200point × 400point の画面にリアルタイムで表示され横軸は時間、縦軸は周波数、色は強度を表す。このシステムは火星周辺のプラズマ環境を調査する NOZOMI 衛星の EMC 試験にて使用され有用性が認められたが、PC-98 でのみ動作する、データ出力はハードコピーにのみ対応しているなどの改善点があるため、EMC 試験における新しい電磁波測定装置の開発が必要とされている。そこで本研究で

は上記の改善点を解決した新しい EMC 試験用電磁波測定装置の開発を目的とする。

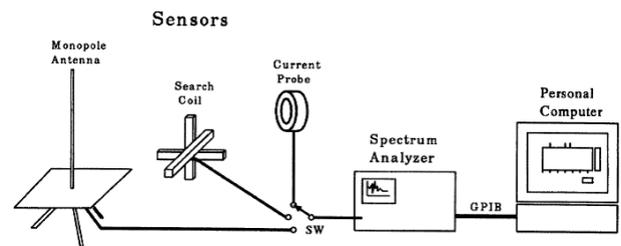


図 1: ダイナミックスペクトル表示システム概要

3. 開発した測定装置による実測

電磁波測定装置として、低周波域測定装置と広帯域測定装置の 2 種類の測定装置を開発した。低周波域測定装置はアンテナなどの検出器とデータ収録ハードウェア、PC で構成され、データ収録ハードウェアで収録したデータを、PC にて解析・表示を行っている。測定範囲は 10 Hz から 50 kHz、時間分解能 0.1 秒、周波数分解能 10 Hz である。広帯域測定装置は検出器とスペクトルアナライザ、PC で構成され、スペクトルアナライザで測定・解析したデータを PC 上で表示している。測定範囲は 1 kHz から 10 MHz の範囲で可変であり、1 kHz から 1 MHz のとき時間分解能は 3 秒、周波数分解能は 199 Hz である。開発した 2 種類の測定装置はダイナミックスペクトル表示が可能で、データ保存方法としてダイナミックスペクトルの画面保存と測定データ保存を備えている。開発に使用したプログラミング言語は、計測器の制御が比較的容易にできるという利点から LabVIEW を使用した。

開発した低周波域測定装置を用いて、ノイズ測定を行った。接続系統はアンテナを磁気シールドルームに設置し、シールドルーム外に設置したデータ収録ハードウェアと PC に接続した。測定手順は以降の手順で行った。(1) 電磁シールドルームを閉めた状態で測定開始する。(2) 電磁シールドルームの扉を開ける。(3) 室内灯の電源を入れる。(4) ノートパソコンをアンテナとの距離 50 cm まで近づける。(5) ノートパソコンをアンテナとの距離 10 cm まで近づける。上記の手順でノイズ測定を行い、その結果を図 2 に示す。このとき図

の横軸は時間 [s]，縦軸は周波数 (10 Hz から 50 kHz)，色は強度 [dBVrms] を表している．図 2 の (1)，(2)，(3) の測定画像において，測定手順に沿ったノイズを確認でき，その強度も読み取ることができた．ただし 100 Hz 以下の周波数領域では十分な測定が行われていないことから，周波数分解能を改善する必要がある．

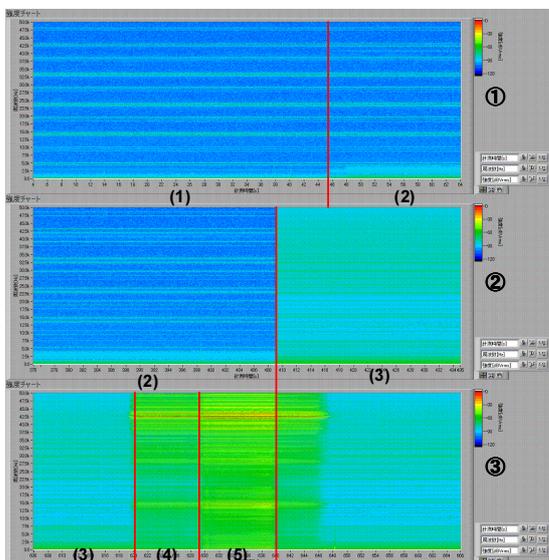


図 2: 低周波域測定装置によるノイズ測定結果

開発した広帯域測定装置を，水星探査機 MMO に搭載される TWTA の EMC 試験で使用した．このときの測定範囲は 1 kHz から 1 MHz である．接続系統は，磁気シールドルーム内に検出器と TWTA を設置し，シールドルーム外に設置したスペクトルアナライザと PC に接続した．図 4 に測定結果を示す．図中の赤い矢印の箇所は，アクティブモノポールアンテナを用いて放射電界を測定している期間であり，青い矢印の箇所はカレントプローブを用いてケーブルなどに流れる電流のノイズを測定している期間である．また図 4 の横軸は測定回数，縦軸は周波数 (1 kHz から 1 MHz)，色は強度 [dBμV] を表している．アクティブモノポールアンテナを用いて測定した期間において，このところで TWTA の電源が ON になり，こので TWTA 内部のフィラメントを温めるヒーターが ON になった．こので，TWTA から電波を送信するモードのスイッチを ON にした．この間の期間は BNC ケーブルを取り外していたため，ノイズ測定が行われていない．こので TWTA の電源が OFF になった．図 4 の測定結果より，TWTA の操作に対応したタイミングでノイズの発生を確認できその周波数も読み取ることができた．その後，カレントプローブによる測定のためにセンサの取り換えを行った点が青い矢印の (4) である．そして，先

ほどの手順と同じように TWTA のモードを切り替えた．カレントプローブでの測定結果により，アクティブモノポールアンテナで測定した結果と同じタイミング，同じ周波数のノイズが発生していることが読み取れ，システムの有用性が示された．ただし，10 kHz 以下の周波数領域のノイズに関しては全く見えないことから，周波数を対数表示にする必要がある．



図 3: 広帯域測定装置の外観

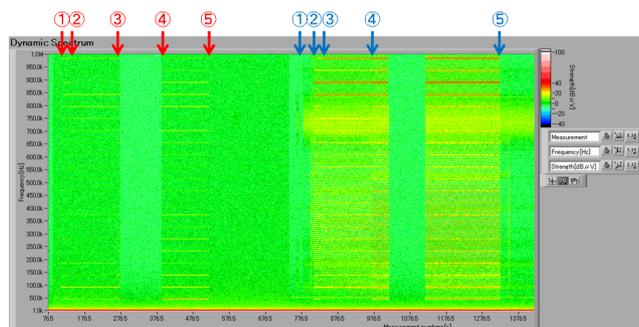


図 4: 広帯域測定装置による TWTA のノイズ測定

4. まとめと今後の課題

開発した測定装置を用いてノイズ測定を行った結果，測定手順に沿ったノイズの発生を確認することができ，ノイズの強度を読み取ることができた．また MMO に搭載される TWTA の EMC 試験において，アクティブモノポールアンテナとカレントプローブの測定結果より，同じタイミング，同じ周波数のノイズが発生していることを確認でき，有用性が示された．今後は低周波域測定装置の周波数分解能を高めること，広帯域測定装置は表示画面を見やすくすることを改善する必要がある．また，測定した値を物理量に変換し標準的な EMC 試験測定装置を目指す．

参考文献

[1] 筒井 稔 他：科学衛星搭載機器 EMC 試験用 雑音周波数ダイナミック・スペクトル表示システム，宇宙科学研究所報告第 86 号，1996