

水沢観測所におけるultra high frequency (UHF) 帯全域に渡る電波環境調査を行った。銀河間に漂う物質や銀河間磁場はファラデーモグラフィーという手法によって測定可能であるが、その測定にはfast radio burstのように銀河間を通過する間に波束分散とファラデー回転を伴うパルス放射現象を、低周波帯において観測する必要がある。UHF帯はまさにその銀河間磁場測定にとって重要な周波数帯であり、そのUHF帯全域を観測できる受信システムの開発に先立ち、水沢観測所のUHF帯電波環境調査を行った。同様の調査は2017年8月に鹿島局でも実施しており、ここでは両方の結果について報告する。

導入

宇宙磁場の三次元的構造を明らかにするための手法の一つにファラデーモグラフィーという磁場の断層解析法があり、これによってファラデー回転を引き起こす磁場や磁気流体物質の視線分布を得ることができる。しかし、それを表すファラデー回転角やファラデースペクトルといった量は観測波長の2乗に依存し、またファラデースペクトルの分解能は波長の2乗の帯域幅に依存するため、その研究には「低周波で広帯域な偏波観測」が必要である。そのような観測を行えば、特にfast radio burstのように電波パルスを放射する銀河系外天体に対しては、rotation measure と共にdispersion measure を同時に測定できるため、ファラデーモグラフィーを行うことによって宇宙大規模構造や銀河間磁場の観測が可能である。

そこで我々は「低周波で広帯域な偏波観測」を実現するため、300MHzから3GHzに渡るultra high frequency (UHF) 帯全域をカバーする広帯域フィードの開発を提案し、それに向けた調査研究を行ってきた。その一貫として、日本のUHF帯電波環境の調査結果をここに報告する。この調査の目的は、将来そのUHF全帯域フィードを用いた観測で電波障害 (radio frequency interference; RFI) となりうる周波数帯を明らかにすることである。同様の調査はNICT鹿島局でも2017年8月に実施した。

測定

電波環境調査は2018年8月23日に水沢局内で行い、当日の天候は晴れのち曇り、電波測定の様子を図1に示す。電波環境の時間変動性を考慮し、測定は朝(6時-8時JST)、昼(13時-15時JST)、夜(22時-24時JST)の三回実施した。アンテナはディスコーンアンテナと涙滴アンテナをNICTより借用して使い、地表面方向全方位の垂直偏波のみを調査した。使用した機器は次の通り。

- ディスコアンテナ: Diamond Antenna D220 (100 - 1600 MHz)
- 涙滴アンテナ: メーカー等不明 (1000 - 3000 MHz)
- 増幅器: R&K AA030 (31 ± 1.5 dB @ 0.01-3000 MHz)
- スペクトルアナライザ: アンリツMS2687B

これらのアンテナと増幅器を経た信号をスペクトルアナライザ(以後スペアナ)に入力し、電波スペクトルを取得する。アンテナの正確な周波数特性や指向性は不明であり、測定系全体の周波数特性も測定していないため、絶対的な受信強度を知ることはできない。



図1 水沢局内における2018年8月23日-24日の測定の様子と測定系。主に中国科学技術大学の学生3人と総研大生1人とともに測定を行った。地上での測定であり、周囲には建物や樹木が多く見通しは良くはない。

表1 スペアナの設定

Configuration	Mizusawa on 2018-08-23	Kashima on 2017-08-28
Resolution bandwidth	1 MHz	1 MHz
Video bandwidth	1 MHz	1 kHz
Detection mode	Positive peak	Sample

結論

- 周波数1 GHz以下の帯域では日中の電波利用がことさらに活発であり、昼の間は天文観測にはほとんど使えないかもしれない。
- 夜間における水沢局の電波環境 (図4) と鹿島局の電波環境 (図5) を比較すると、周波数の利用状況は大きく異なって見えることがわかる。ただし測定に使用した受信機が異なること、スペアナの設定が異なることなどから、単純に比較できない。とはいえ1 GHzの電波の自由空間伝搬損失は1 kmで92 dBであるから、400 km程度離れている水沢と鹿島で電波環境が全く異なるのは納得できる。
- **発射禁止帯1400-1427 MHzに対する電波発射**が2017年鹿島局で観測されており (図5)、水沢でも同様の傾向が見取れる。
- この調査は天文利用できない帯域を特定することが目的であり、図2, 3, 4 から必ず遮断すべき周波数帯が明らかになった。今後の装置開発においては、明らかに天文利用できない周波数帯はアナログ受信部で物理的に遮断し、天文利用できるかもしれない周波数帯については、デジタル受信部で柔軟に遮断できるようなシステムを組めば良いだろう。

この調査は岳藤氏(NICT) と小山氏(国立天文台) の助力を得て実施できたものであり、ここに深謝する。

結果

水沢局のUHF帯電波環境を図2, 3, 4に示し、比較のため、2017年に調査した鹿島局のUHF帯電波環境を図5に示す。図示したスペクトルは、得られた生データに対して増幅器の帯域特性を除去するオフセット調整を施している。

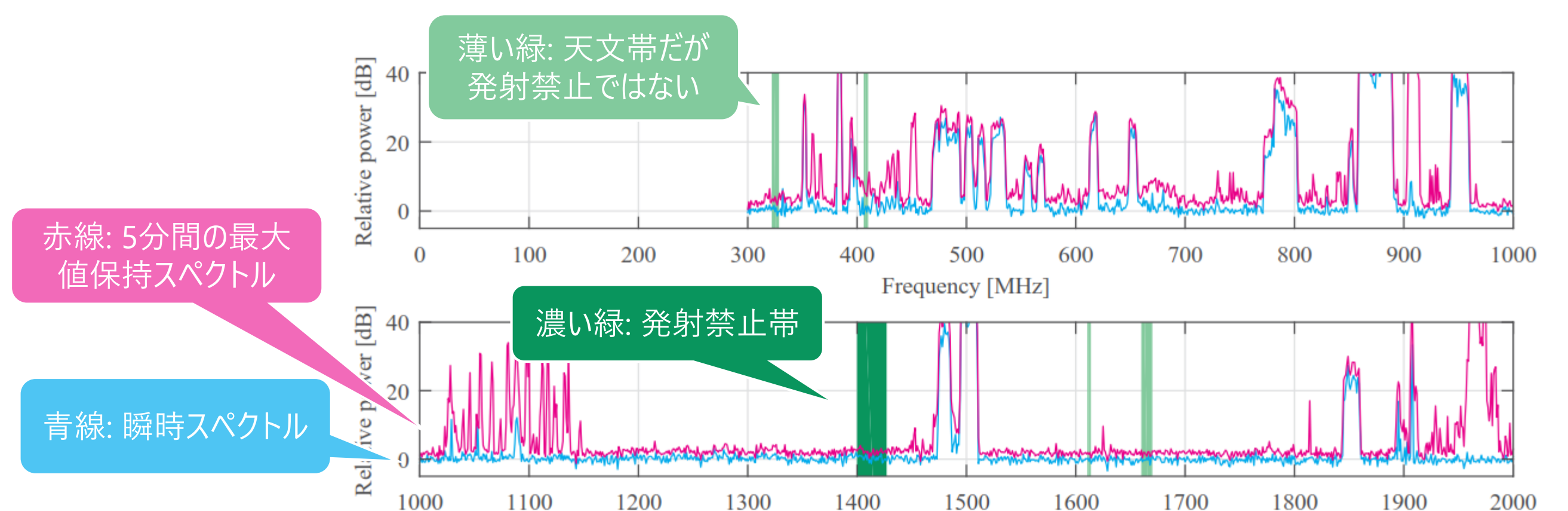


図2 朝6時頃における水沢局の電波環境

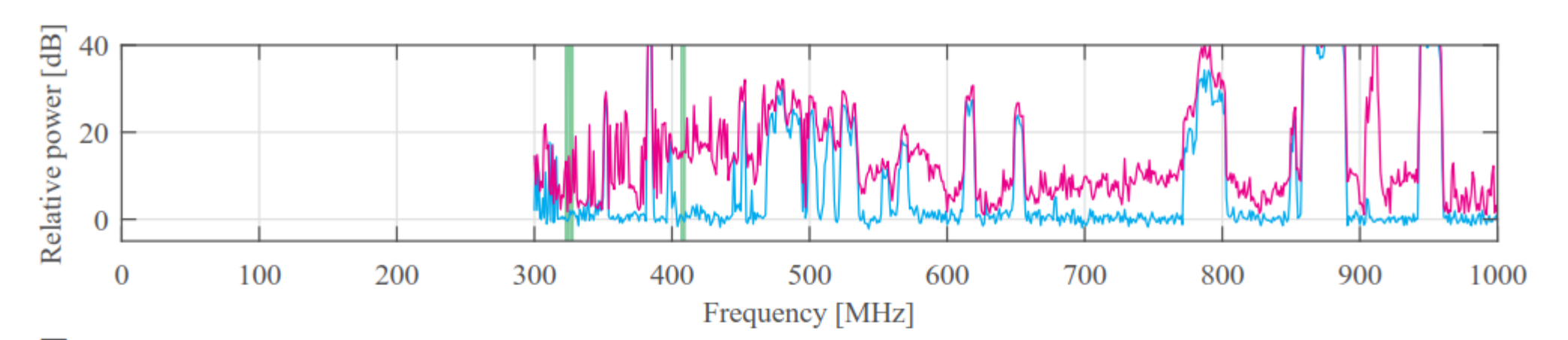


図3 昼13時頃における水沢局の電波環境

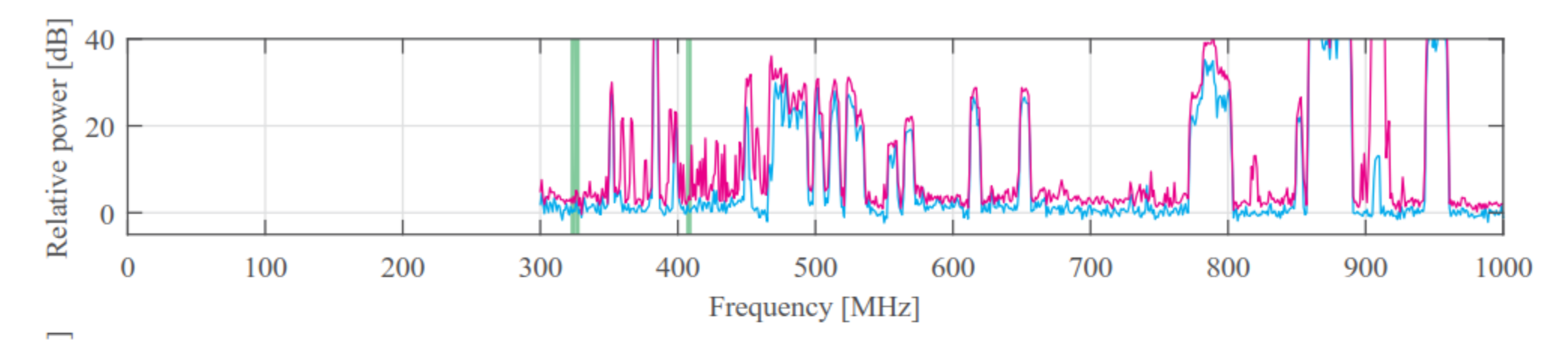


図4 夜22時頃における水沢局の電波環境

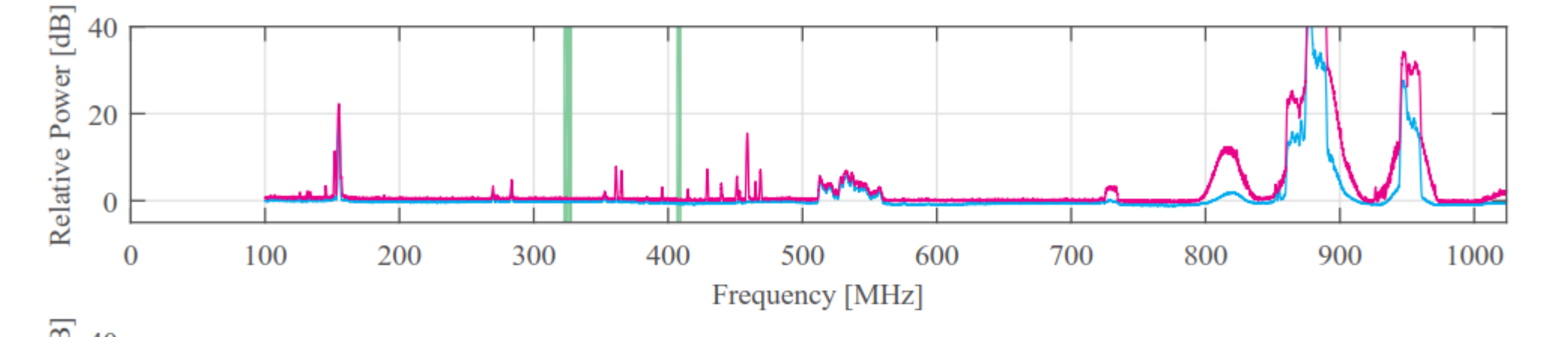


図5 夜24時頃における鹿島局の電波環境