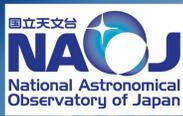


# 白田局周辺のUHF帯域電波環境

～鹿島・水沢観測結果と日本の携帯電話事情を添えて～



赤堀卓也<sup>1,2</sup>, 青木貴弘<sup>3</sup>, 岳藤一宏<sup>4</sup>, 小山友明<sup>5</sup>

<sup>1</sup>国立天文台水沢VLBI観測所SKA1検討グループ・特任研究員, takuya.akahori@nao.ac.jp  
<sup>2</sup>SKA機構運用部門・SKA天文台学者(50%クロスアポイントメント)  
<sup>3</sup>京都市立塔南高等学校 <sup>4</sup>JAXA白田宇宙空間観測所 <sup>5</sup>国立天文台水沢VLBI観測所



## 概要

Ultra High Frequency (UHF, 300MHz-3000MHz) は、パルサー、宇宙磁場、突発天体、星間物質、そして銀河進化などのサイエンスで新展開が期待される帯域である。電波障害(RFI)の少ない世界の僻地で大型計画が進む一方で、国内でも小規模ながら独創的なサイエンスを展開できると考える。そこで私は日本各地のUHF帯域の電波環境を調査している。今回、2020年2月12日から14日にかけて、JAXA白田宇宙空間観測所の敷地内における電波環境調査を行ったので報告する。過去のNICT鹿島局およびNAOJ水沢局の結果とも比較した結果、いくつかの周波数帯域ではおおむね電波静穏であることが分かった。携帯電話の通信電波はどの局でも致命的に強いため注視する必要がある。そこで日本の携帯電話事情についても簡単に紹介する。

## 背景

### UHF帯の電波天文観測と人工電波

UHF帯域は古くて新しい電波天文観測帯域であり、人の暮らしに密着した周波数帯域でもある。

### UHF帯と電波天文学

UHF帯は一般にシンクロトロン電波やコンパクト天体のコヒーレント放射の観測がしやすく、パルサー、宇宙磁場、突発天体など「熱い宇宙」の探査に適する。例えば1974年にハレスとテラーはアレシボ天文台の430MHzサーベイ観測中に連星パルサーPSR B1913+16とその公転の減衰を発見し、重力波の間接証拠として1993年にノーベル物理学賞を受賞した。一方、星の生まれる「冷たい宇宙」の探査では、原子輝線HIと分子輝線OHを観測でき、星間物質や近遠方の銀河、究極的には宇宙が中性から電離状態へと遷移する時代・宇宙再電離 (Epoch of Reionization, EoR) の探査に適する。すべてSKA計画の主要な科学目標である。[1]を参照されたい。

### UHF帯と電波通信

UHF帯域は伝播性の良さや送受信の容易さから、古くから電波通信に使われている。例えばラジオやテレビの放送、携帯電話、GPS、無線LAN(Wifi)、航空・船舶無線などである。これらの人工的に発せられる電波は、天体観測にとってはノイズとなり、その特定周波数だけでなく時には帯域全体に渡って観測が困難になる。周波数保護の取り組みは国立天文台が担っており、過去には電波周波数小委員会[2]、現在は周波数資源保護室(室長:大石雅寿さん)の活動[3]がある。参照されたい。

### UHF帯の国内観測

私は宇宙大規模構造の磁場に興味がある。もしFast Radio Burstの偏波をUHF帯域の4バンドで観測できれば、宇宙大規模構造の磁場を検出できるかもしれないことを理論的に予言している[4]。その観測は日本国内の望遠鏡でも実現できるのではないかと考えている。ただし、UHF帯域の4バンドを観測できるかどうかは、観測局のRFIの状況に大きく依存する。そこで私は、水沢VLBI観測所に2017年に着任して以来、日本各地のUHF電波環境を把握するため、RFI計測を草の根の活動として進めている。今回はJAXA白田宇宙空間観測所の64m電波望遠鏡の活用可能性を考えて、白田局を調査した。

## 実験

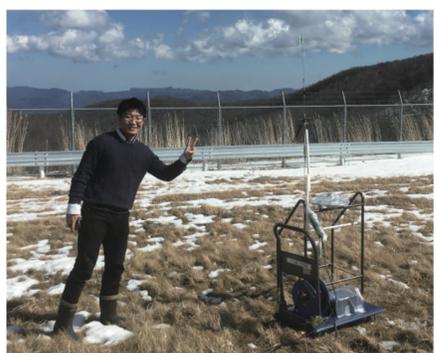
### UHF帯の電波環境はどうなっているか

UHF帯観測で間違いなく電波障害となる周波数を明らかにし、遮断すべき周波数帯を特定することを目的とする。

### 計測セットアップと方法

白田局の電波環境調査は2020年2月12日から14日にかけて実施した。当日の天候は晴れ時々曇り、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、測定は早朝から深夜まで6回実施した。調査では下記の機器を使用し、地表面全方向の垂直偏波を測定したので、直上からの電波や水平偏波は検出できていない。RFIの到来方向はわからない。

- ・ ディスコーンアンテナ: Diamond Antenna D220 (100 - 1600 MHz)
- ・ 涙滴アンテナ: 関東電子応用開発(現EMラボ) (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(スペアナ): アンリツ MS2720T



(図1)実験装置と青木氏。佐久市街が見通せる東側敷地(ロッジの脇)に設置した。

アンテナと増幅器を経た信号をスペアナに入力し、電波スペクトルを取得する。受信機の帯域特性を除去するために、アンテナを終端抵抗に付け替えた受信機帯域特性のデータも取得した。なおアンテナの正確な周波数特性や指向性、測定系全体の特性は不明のため、絶対的な受信強度は不明。

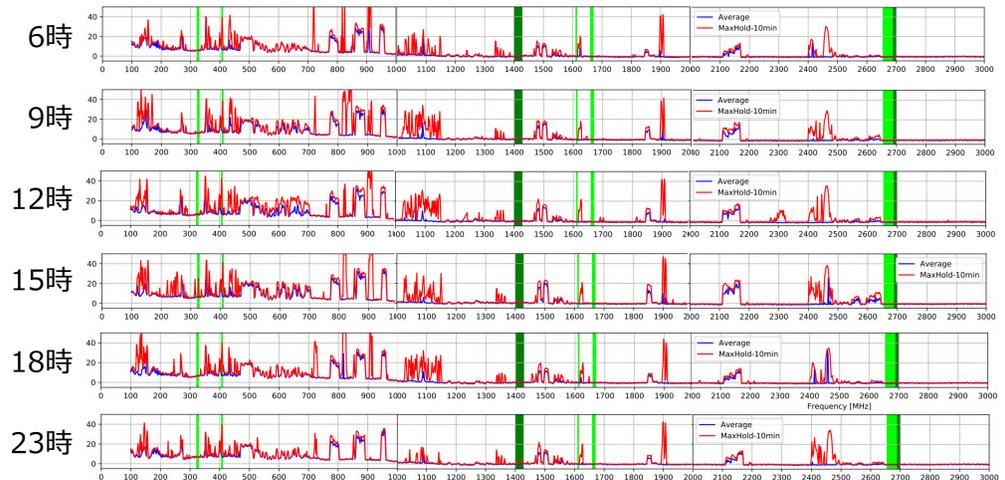
スペアナ設定はRBW 1MHz VBW 10kHz, Normal(1-2秒走査瞬時スペクトル)とMaxHold(10分間最大値保持スペクトル)の2つのTraceモードで取得した。

## 結果

### 白田局の一日のRFIの変動

いくつかの特定周波数で強いRFIが見られるものの、おおむね電波静穏な帯域が複数認められた。

結果を図2に示す。340-470MHz帯のスパイク(無線)と470-710MHz(地デジ)が見られる。テレビ放送の殆どは水平偏波のため、実際の強度は測定値より大きいだろう。720MHz(携帯電話)のRFIは時より発生した。800MHz帯(携帯電話)のRFIは常に強い。1100MHz(航空無線)は昼間に強い。1400MHz発射禁止帯のRFIはロッジのBSチューナーのIF出力漏れが原因と考えている。1900MHzはPHS通信。2GHz帯は携帯電話が見られる。



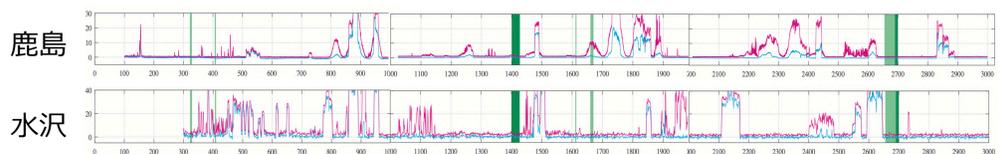
(図2)得られた白田局のUHF帯電波環境。横軸は周波数(MHz)、縦軸は相対的なパワー(dB)。時間はJST。青線は瞬時スペクトル、赤線は10分間最大値スペクトル。緑帯は天文保護バンド(濃:一次業務=発射禁止, 淡:二次業務)。アンプの帯域特性を除去するオフセット調整済み。

## 議論

### 鹿島局や水沢局との比較

0.7,1.4,1.6,2.1GHzは観測局に依らず概ね電波静穏なため、将来の活用に期待が持てそうである。

図3に過去の鹿島局、水沢局の観測結果を示す。電波静穏な帯域が複数見受けられた。ただし、白田局も含めて、電波静穏な帯域の前後で強いRFIがあるため、実用するためには急峻な特性をもつ周波数フィルタが必要となるだろう。なお鹿島は携帯電話800MHzが極めて強く、アテナータを入れてもなお、高調波と見られる成分が見えてしまっている。



(図3) 上段は2017年8月28日鹿島24時JSTの結果、下段は2018年8月23日水沢23時JSTの結果を示す。軸と色は図2と同じだがMaxholdは5分間。縦軸の範囲が異なるので注意。オフセット調整済み。

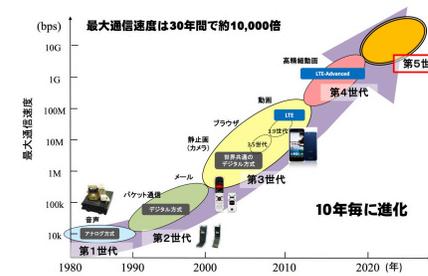
※3局の観測データが欲しい方は赤堀までご連絡ください。ご提供いたします。電波環境調査のリクエストも歓迎です。今年度は豊川局を計測予定。

## 展望

### 携帯電話の周波数とその将来

アンプを飽和させる強力な通信電波源は大抵が携帯電話。携帯電話の動向はUHF帯観測の未来を占う。

高データレート通信を実現するために(図4)、携帯電話の通信周波数のトレンドはLTE-Advanced(3.4-3.6GHz)や5G(3.6-4.1GHz,4.5-4.8GHz,ミリ波)など高周波に向かっている。Release10で採用された次世代通信技術のひとつキャリアアグリゲーション(複数の周波数帯の電波を束ねてデータ通信する技術)を活用し、2.5GHz帯や従来の周波数(1.5,1.7,2.1GHz,プラチナバンド0.8GHz,図5)も引き続き活用されていく模様である。他方、0.7GHz帯は有効活用の検討はあるがあまり進んでいない模様。



(図4)総務省資料[5]



(図5)携帯3社の利用帯[6]。赤丸は主バンド。

## 謝辞

一連の研究ではNICTの氏原秀樹氏、NAOJの本間希樹氏、JAXAの村田泰宏氏に計測へのご理解とご協力を頂きました。感謝申し上げます。本事業は国立天文台特任研究員の個人研究費を役立てています。この場を借りて関係各位にお礼申し上げます。

## References

- [1] 日本版SKAサイエンスブック2020 [http://ska-jp.org/SKAJP\\_Science\\_Book\\_2020.pdf](http://ska-jp.org/SKAJP_Science_Book_2020.pdf)
- [2] 例えば、齋藤正雄ほか、「電波天文学を守るために」、天文月報、108、599;
- [3] 周波数資源保護室 <https://prc.nao.ac.jp/freqras/index.html>
- [4] Akahori, T. 2018d, Galaxies, 6, 118, references therein
- [5] [http://www.soumu.go.jp/main\\_content/000543715.pdf](http://www.soumu.go.jp/main_content/000543715.pdf)
- [6] <https://teleklist.com/career-bands/>より