

電波天文学を守るために

齋藤正雄・亀谷 收・立澤加一
岡保利佳子・齋藤泰文



齋藤

〈国立天文台 電波天文周波数小委員会 〒181-8588 東京都三鷹市大沢2-21-1〉
e-mail: masao.saito@nao.ac.jp

都会では人間活動によって人工的な光が空を明るくし、星がよく見えません。これは光害といっ
てよく知られています。一方、宇宙からの電波を受信して宇宙を調べる電波天文学ではどうでしょ
うか。実は同じように人間活動によって電波が空中を飛び交い混信あるいは電波干渉という形で電
波天文学にとって大きな問題になることがあります。宇宙からの電波は微弱ですので、少しの電波
干渉でも観測にとって大きな影響を与えます。本稿では電波を受ける電波天文学と電波を出す業務
がどのような規則に従って運用されているのか、そのような規則はどのような手続きを経て決まる
のかを紹介します。国立天文台ではこうした活動は電波専門委員会の下部組織である電波天文周波
数小委員会が中心となって進められています。とはいえ、天文学者がこの先も電波天文学を継続で
きるためには一人ひとりが意識し、行動する必要があります。

1. はじめに

1.1 幻だった大発見

20年前ほどのことです。筆者の一人の齋藤正雄は野辺山45 m望遠鏡で取った観測データを見て体を震わせるほど興奮していました。宇宙における新分子の発見になるはずでした。この発見を間違いないものにするために、20秒間ずつ取得したデータ45セット全部を詳しく見てみると、なんと2セットほど何らかの理由で妨害電波がデータに混じりこんでいました。宇宙からの電波と思っていたものが、どうも地上からの電波だったのです。電波天文観測者の多くが似たような経験をしています。このように地球上の装置起因の電波によって宇宙からの電波観測に影響が出ることを本稿では電波干渉と呼ぶことにします。

1.2 光害と電波干渉

みなさんは光害という言葉をきいたことがあるでしょうか？ これは夜間に都会の明かりなどで

星がよく見えなくなることです。最近では道路の電灯を下向きにする、ナトリウムランプを使うなどして工夫がされています。石垣島では天の川を見ようと一年に一度全島一斉にライトダウンして天の川を見るイベント「南の島の星まつり」があります¹⁾。電気の消えた瞬間は壮観だそうです。昔の人はいつもそのような満天の星空を見ていたのでしょうか。一方、宇宙からの電波を観測する場合にはどうでしょうか？ 電波は目に見えないのでピンときませんね。ところが、携帯電話、無線LAN、テレビ、ラジオ、自動車レーダーに至るまで身の回りには電波を出すものであふれています。こうしたものはすべて電波干渉を引き起こす原因となりうるのです。これらの電波強度は、天体が出す電波の強度に比べて、けた違いに強いものです。例えば、携帯電話を仮に月の距離まで遠ざけても、電波の強い天体のベスト10に入ってしまうほどです。



1.3 電波天文周波数小委員会

電波天文学を守るために、国立天文台の台長諮問機関である電波専門委員会の下に電波天文周波数小委員会が設置されています。国内の天文、測地の研究者で構成される小委員会は、電波天文学を続けるための協議、折衝、情報収集を行い、主管庁である総務省と共に国際会議において日本の電波天文を代表する活動をしています²⁾。

2. 周波数割り当て

電波天文の観測には、連続波とスペクトル線の観測があります。これらの観測は帯域幅こそ違うものの、どの周波数を観測するかが重要になります。特にスペクトル線観測においては、観測周波数は観測する分子によって一意に決まります。なぜなら特定の分子は決まった周波数の電波を放射するからです。これはラジオなどで特定の放送局が特定の周波数で放送をしているのにたとえることができます。さて、電波天文学の観測周波数は外部の電波干渉からどのように保護されているのでしょうか。実は国際的にITU (International Telecommunication Union: 国際電気通信連合) の条約で無線通信規則 (Radio Regulations; RR と略します) が定められていて、この規則による周波数割り当てによってすみ分けが行われています。さらに3, 4年ごとに開かれるWRC (World Radiocommunication Conference: 世界無線通信会議) において、この周波数割り当てが見直されています。この規則の下に、日本では主管庁の総務省が周波数割当計画を策定し、国内の周波数割り当てが行われています。

“規則と標準”という観点で見ると、周波数割り当ては“規則”に従います。周波数割り当ての規則は、法令で守られているのです。周波数は人類共通の財産であり、限られた資源でもあります。電波を発射しない受信に特化した電波天文観測も、こうした周波数割り当ての制限のなかで行われています。

2.1 基本的な考え方

周波数を利用する事業は国際条約のうえでは“業務”と呼ばれています。電波天文は受信専用の業務であり、“受動業務”と呼称されます。これに対し、電波を発射する業務が“能動業務”です。

何れの業務も優先度という観点で、一次業務と二次業務に分類されています。一次業務が高い優先順位を持ち、二次業務は一次業務に電波干渉を与えることはできず、また一次業務からの電波干渉を許容しなければなりません。

図1にわが国における10 GHz以上の具体的な周波数割り当てを示します⁴⁾。一次業務、二次業務の差、また能動、受動の各業務はより具体的に個々の業務名称で記載されています。現在、世界標準となっている周波数割り当ては、ITU-R (2.2節を参照) の“無線通信規則”の第2章周波数、第5条周波数割り当てに明記されています⁴⁾。複数の表からなり、規定周波数の9 kHzから275 GHzまで世界を三つの区域 (Region 1, 2, 3) に分け記載されています。275-1,000 GHz帯は現状では割り当ての対象になっていません。各表には周波数帯ごとに脚注がつく場合があり、275-3,000 GHz帯に付いている脚注5.565は、この帯域の主な応用分野である受動業務 (電波天文業務、地球探査衛星業務、宇宙研究業務) の周波数帯が記載されています。また、275-1,000 GHz帯については能動、受動業務の両立性と、将来の能動業務の実験的応用につき、受動業務保護に対し主管庁への要請の記述があります。1,000-3,000 GHz帯は能動・受動業務の将来の共存利用可能性を指摘しています。

RR周波数割り当て表の中で、電波発射が禁止されている帯域があります (表1)。発射禁止帯はRR脚注5.340で明示されており、いかなる能動業務もこの帯域を利用することはできません。そしてこれらの発射禁止帯は一部を除き、電波天文の一次業務帯域です。発射禁止帯以外にも、RR

10GHz超

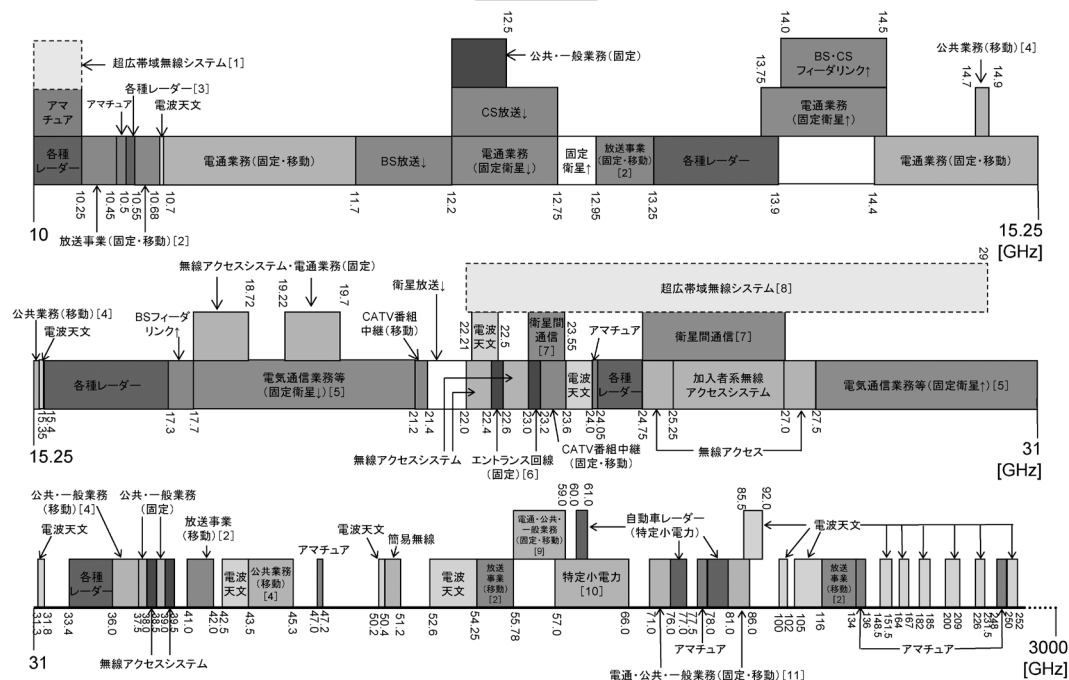


図1 日本国内における10 GHz以上の周波数割り当て⁴⁾

脚注5.149により電波天文観測への配慮が各国の主管庁に要請されており，RR脚注5.149対象帯域の多くについて電波天文が保護されています。

一方，電波天文業務と能動業務がRR周波数表で共に一次業務であった場合は，両立するための棲み分けが必要です。このような状況で，電波天文観測を行う望遠鏡ごとに，その地域性を考慮した保護指定申請が総務省において受理されていれば，保護対象の観測帯域については，周囲の発射電波から保護されます。しかし，他業務による電波の利用が多い帯域では，容易に保護指定申請が受理されるわけではありません。

あるいは電波干渉の影響について，能動業務の電波発射に対する場所的，時間的，また出力レベルなどの制限が検討されます。この干渉検討はITU-Rで定められた方法に基づき行われます。干渉計算では，電波を発射するアンテナ特性，自由空間減衰特性，地形の回折効果に由来する減衰

量などを考慮します。干渉源が移動体の場合は移動体の地理的位置や想定される数など複合的な観点で評価が行われます。

2.2 組織³⁾

標準化とは，既存方式との両立性を確保しながら，新しい技術仕様を確立することです。利害関係を調整しながら作られる標準は，双方の協議を促進する組織が必要となります。電波天文が関係する標準化では，国際的には国連の関連機関であるITU-Rがあり，また国内は総務省の関連部署がその労を担っています。

ITU-R: 国際電気通信連合 無線通信部門

ITUは国際連合の専門機関です。三つの部門があり，ITU-Rは無線通信に関する規則制定と標準化を行っています。

総務省の基幹通信課は電波天文の窓口となる部署です。電波天文観測局個々の干渉問題では，地方総合通信局が相談の窓口になってくれます。

表1 電波天文バンド一覧（青のハイライトは発射禁止帯）2015年3月現在.

周波数帯	業務別	重要なスペクトル線, RR 上の地域区分, 脚注など	周波数帯	業務別	重要なスペクトル線, RR 上の地域区分, 脚注など
13.36-13.41 MHz	P	FN5.149, J36	84.00-86.00 GHz	P	HOCO ⁺ , SiO, OCS, FN5.149, J36
25.55-25.67 MHz	P	FN5.149, J36	86.00-92.00 GHz	P (Pas)	SO, SiO, SiS, H ¹³ CO ⁺ , CCH, C ₆ H, FN5.340, J107
37.50-38.25 MHz	S	FN5.149, J36	92.00-94.00 GHz	P	N ₂ H ⁺ , C ₅ H, C ₆ H, SiCC, CCS, FN5.149, J36
73.00-74.60 MHz	P	Region 2のみ, 国内分配なし	94.00-94.10 GHz	S	FN5.562,562 A 雲レーダに分配
150.05-153.00 MHz	P	Region 1のみ, 国内分配なし	94.10-95.00 GHz	P	SiCC, CH ₃ OH, C ₄ H, FN5.149, J36
322.00-328.60 MHz	P	Deuterium (重水素) line, FN5.149, J36	95.00-100.0 GHz	P	CS line, SO, HCOOCH ₃ , H ₂ CS FN5.149, J36
406.10-410.00 MHz	P	FN5.149, J36	100.0-102.0 GHz	P (Pas)	SO ₂ , H ₂ CO, HCCCCCN, FN5.340, J107
608.00-614.00 MHz	P	Region 2のみ, 国内分配なし	102.0-105.0 GHz	P	CH ₃ CCH, H ₂ CS, HNCS, FN5.149, J36
1400.0-1427.0 MHz	P (Pas)	Hydrogen (中性水素) line, FN5.340, J107	105.0-109.5 GHz	P	OCS, HOCO ⁺ , CN, SiS, FN5.149, J36
1610.6-1613.8 MHz	P	OH line, FN5.149, J36	109.5-111.8 GHz	P (Pas)	(13) CO, CH ₂ CHCN, FN5.340, J107
1660.0-1670.0 MHz	P	OH lines, FN5.149, J36	111.8-114.25 GHz	P	CO, CN, CH ₃ CH ₂ OH, FN5.149, J36
2655.0-2690.0 MHz	S	FN5.149, J36	114.25-116.0 GHz	P (Pas)	CO line, NS, SiCC, FN5.340, J107
2690.0-2700.0 MHz	P (Pas)	FN5.340, J107	123.0-130.0 GHz	S	SO ₂ , HCS ⁺ , FN5.149, J36
4800.0-4990.0 MHz	S	H ₂ CO line, 4825-4835 MHz, 4950-4990 MHzは, アルゼンチン, オーストラリア, カナダではP	130.0-134.0 GHz	P	HNCO, OCS, FN5.149, J36
4990.0-5000.0 MHz	P	国際分配P, 日本S, FN5.149, J36	134.0-136.0 GHz	S	CH ₃ OH, HDCO, H ₂ CS
10.60-10.68 GHz	P	FN5.149, J36	136.0-141.0 GHz	P	H ₂ CO line, FN5.149, J36
10.68-10.70 GHz	P (Pas)	FN5.340, 国内分配あるもFNなし	141.0-148.5 GHz	P	CS, NO, H ₂ CO lines, DCN lines, FN5.149, J36
14.47-14.50 GHz	S	H ₂ CO (ホルムアルデヒド) line	148.5-151.5 GHz	P (Pas)	NO, H ₂ CO lines, FN5.340, J107
15.35-15.40 GHz	P (Pas)	FN5.340, J107	151.5-155.5 GHz	P	DNC, CH ₃ OCH ₃ , N ₂ D ⁺ , FN5.149, J36
22.21-22.50 GHz	P	H ₂ O (水蒸気) line, FN5.149, J36	155.5-158.5 GHz	P	CH ₃ OH, FN5.149, J36
23.60-24.00 GHz	P (Pas)	NH ₃ (アンモニア) lines, FN5.340, J107	164.0-167.0 GHz	P (Pas)	FN5.340, J107
31.30-31.50 GHz	P (Pas)	FN5.340, J36, J107	182.0-185.0 GHz	P (Pas)	H ₂ O line, FN5.340, J107
31.50-31.80 GHz	P	Region 2のみ FN5.340, ほか FN5.149	200.0-202.0 GHz	P (Pas)	FN5.340, J107
			202.0-209.0 GHz	P (Pas)	HCCCN, H ₂ O, SO, SO ₂ , FN5.340, J107
			209.0-217.0 GHz	P	SO, HCS ⁺ , CH ₃ CH ₂ CN, FN5.149, J36

表1 続き.

周波数帯	業務別	重要なスペクトル線, RR 上の地域区分, 脚注など	周波数帯	業務別	重要なスペクトル線, RR 上の地域区分, 脚注など
42.50-43.50 GHz	P	SiO lines, FN5.149, J36	217.0-226.0 GHz	P	CO lines, H ₂ CO, SO, HDO, FN5.149, J36
48.94-49.04 GHz	無分配	CS line, Region1 のみ FN5.149, FN5.340 あり	226.0-231.5 GHz	P (Pas)	CN, CO, DNC, OCS, FN5.340, J107
76.00-77.50 GHz	P	DNC, N ₂ D lines, FN5.149, J36	241.0-248.0 GHz	P	CH ₃ OH, HCOOCH ₃ , SO, SO ₂ , FN5.149, J36
77.50-78.00 GHz	S	CH ₂ CHCN, FN5.149, J36	248.0-250.0 GHz	S	FN5.149, J36
78.00-79.00 GHz	S	CH ₃ OCH ₃ , FN5.149, J36	250.0-252.0 GHz	P (Pas)	SO ₂ , SO, CH ₃ OH, FN5.340, J107
79.00-81.00 GHz	P	CCCN, HDO, CH ₃ OH, FN5.149, J36	252.0-265.0 GHz	P	CH ₃ CN, SO ₂ , SiO, CCH, FN5.149, J36
81.00-84.00 GHz	P	HNO, CCH, C ₆ H, FN5.149, J36	265.0-275.0 GHz	P	HCN, HCO ⁺ , HNC lines, FN5.149, J36

凡例: P=Primary 一次業務

S=Secondary 二次業務

P (Pas)=Passive 受動業務のみのバンド

FN5.340 (J107)=発射禁止帯

FN5.149 (J36)=電波天文局以外の他の業務の局に周波数割当てを行うに当たっては、電波天文業務を有害な混信から保護するため、主管庁に対して実行可能なすべての措置を執ることを要請される周波数帯であることを示す。

総務省「周波数割当表」、ITU「HANDBOOK ON RADIO ASTRONOMY」(1995) および赤羽・海部・田原 共著「宇宙電波天文学」付録より引用。

国内の能動業務と受動業務の干渉検討は、総務省電波部内の関連能動業務担当の部署が作業班を開催し調整を図っています。

電波天文観測にとって、他の業務との関連で最も重要なことは、電波を発射する能動業務との干渉検討です。能動業務側が新しいサービスを提供する場合に、そのサービスはある周波数帯の電波を使って行われます。この周波数帯と電波天文観測の周波数帯が重なる場合には、能動業務から受信専用業務である電波天文に干渉することがあります。特に、両業務が共に一次業務であった場合は、何らかの方法ですみ分けをし、両方の業務が両立するように運用の調整が行われます。能動業

務はある技術標準に基づき運用されますから、何らかの運用制限がその技術標準に課せられます。また電波天文としてITU-Rの場において、宇宙からの微弱な電波を捉えるために、独自の勧告を作る努力もしています。勧告は規則ほどの強制力はないのですが、強制力のある無線通信規則RRのなかでも引用されています。また干渉検討の基準となる最大許容干渉量を示す重要な勧告ITU-R RA.769⁵⁾を作っています。

ITU-Rの研究作業はSG, WPの活動が中心になります。

SG: 研究委員会 (Study Group)

SGはITU-Rにおいて、研究課題を設定し、勧

告、報告、などを作り、また重要な仕事として無線通信規則RRの改訂に資する研究を行いRR改訂の場であるWRC会合のための準備会議文書CPM (Conference Preparatory Meeting) Reportの作成も行っています。

WP: 作業部会 (Working Party)

SGの下には研究のテーマに応じて複数のWPがあり、WPでは「勧告」や「報告」を作成するために、実質的な技術内容の検討を行っています。定常的な組織ですが、テーマの研究の緊急性によっては、TG (Task Group) が作られることもあります。

2.3 文書³⁾

ITU-Rのこうした組織的活動によって生み出される文書は各種の「勧告」、「報告」、そして最も重要な法的拘束力のある文書として、「無線通信規則RR」があります。

RR: 無線通信規則 (Radio Regulations)

無線通信規則 (通常RRと呼称される) は四つのVolumeからなり、その第一Volumeの第2章周波数の第5条 (Article 5) の周波数割り当て表に各周波数帯の業務が明記されています。これは国際条約と同じ効力があります。

WPで研究され、SGで採択される文書には、勧告や報告があります。

勧告: Recommendations

各WPで検討され、SGで最終的に作成される重要な文書です。研究課題を元に技術検討され、無線通信の検討において、国際的な協力を得る拠り所となっています。勧告はSGごとに異なったシリーズ名が付けられ、承認された順番に従って通し番号が付けられています。

報告: ITU-R Reports

勧告を補足する内容を含む文書、勧告を解説する文書、あるいは勧告にするための合意が得られず、将来の可能性を含め文書化されたものもあります。



図2 ジュネーブで行われたWRC (World Radio-communication Conference) の様子。

会合名	2015			
ITU-WRC		CPM15-2 3/23-4/2 (ジュネーブ)	→	WRC-15 11/2-21 (ジュネーブ)
Asia Pacific Telecommu- nication		APG15-4 2/9-14 (タイ)	↗	APG15-5 7/27-8/1 (韓国)
国内対応	各分科会 パブコメ		↗	各分科会 パブコメ

図3 周波数割り当ての手続き。ここではWRC15を例として取り上げた。パブコメとは総務省が一般の意見を募集すること。

2.4 会議

周波数割り当てはおおよそ3-4年ごとに開催されるWRCで決められます (図2)。次回は2015年11月にスイスジュネーブで開催されます。ここで決まるまでには各国や各地域での議論があり、CPM予備会議を含めて手順を踏みながら慎重に進められます。またWRCとは別にAPG (APT (Asia-Pacific Telecommunity) Conference Preparatory Group) があります。APGはアジア太平洋地域の会合であり、WRCに対するこの地域の意見を集約します (図3)。

各WRCで、次回のWRCに対する議題が提案され、次のWRCサイクルの議論が始まります。国内では、総務省が主導して関係者による作業

班、審議会などがあり、パブリックコメントを経て国内の対処方針をまとめます。並行して前述のAPGでの会議が4-5回あり、WRC準備会議(CPM)も2回あり、数多くの会議でコンセンサスを得る流れですから、どうしても時間がかかり、玉虫色になることも少なくありません。標準化というのは各国や各企業の利害がもろにぶつかる場ですのでその“やりとり”たるもの日本人の普通の感覚の常識を超えます。時には厳しい反対にあっても、理路整然と主張を繰り返し、天文に有利な妥協を引き出すことも必要です。詳しくはITU事務局長を経験されている内海氏の本をご覧ください⁶⁾。

3. 電波天文周波数小委員会の活動

1.3節で紹介した電波天文周波数小委員会ではホームページ⁷⁾などを通して私たちの活動を伝えています。

3.1 現在の活動

小委員会の活動は電波天文観測の保護がその主な目的です。国内の観測施設は、国立天文台が所有する設備、国公立・私立大学が所有する設備、そして国土地理院、JAXA、NICT、などの機関が所有する設備があります。これらの電波天文業務関連設備(望遠鏡)の保護には小委員会は積極的な役割をはたしています。活動には、電波干渉の軽減に係わる、能動業務業者との直接折衝、新規能動業務の立ち上げに当たっての干渉検討、受動業務として優先保護を総務省に要求する周波数保護指定申請、などがあります。いずれの側面でも総務省とのかかわりは大きいものがあります。

これら能動業務との折衝の場については、これまでの干渉事例に従い、周波数帯域ごとに例を挙げ、より踏み込んだ説明をしましょう。災害に対応した、1.6 GHz帯衛星携帯の新規導入や23 GHz帯CATV無線伝送システムの運用調整があります。また、79 GHz帯車載レーダーとの調整があります。

電波天文周波数小委員会では、周波数帯域を低周波、中周波、高周波とした分担責任体制を取り干渉検討を行っています。

低周波域では、木星・太陽電波の観測、1.4 GHz帯の中性水素や1.6 GHz帯のOH観測が重要であり、これにはPLC(電力線搬送通信)、1.4 GHz帯地上携帯電話、1.6 GHz帯衛星携帯電話、2.2 GHz帯準天頂衛星などが電波干渉を与える可能性があります。VLBI測地観測は一次業務でもなく、総務省の帯域保護対象となつてはいませんが、この帯域でUWB(Ultra Wide Band)応用から電波干渉を受ける可能性があります。

中周波数域では、22 GHz帯の水メーザー、23 GHz帯のアンモニア観測が重要であり、21 GHz帯次世代衛星放送、23 GHz帯CATV無線伝送システムが電波干渉を与える可能性があります。

高周波数域では、前記した79 GHz帯車載レーダーの影響が大きくなることが憂慮されています。また、近い将来275 GHz以上の能動業務応用も考慮の対象となることが予想されます。

3.2 具体的な干渉例:

1) PLC(電力線搬送通信)

コンセントに安価な通信装置を接続すれば、特別通信線を配線しなくても例えばパソコンとパソコンや機器との間で通信ができるPLCはある意味ではとても便利なツールです。すでに一般に販売されています。ところが、このシステムの問題点は、建物の電力線自体がアンテナになって電波を出してしまうことです。その電波がどのように出るかは、建物ごとに異なり、どのように外部への影響がでるのか、単純に計算できません。さらに悪いことに、他の能動業務のように、使用する周波数が限定されているわけではなく、他の1次業務の使用周波数帯域も含めて広い周波数範囲で電波が放射されてしまいます。このような広い周波数範囲にわたって電波が放射される装置は、微弱な天体の電波を観測する電波天文観測には影響が出やすい性質をもっています。私たちは、実際に



測定も行い、関係者と協力しながら、影響の調査をした結果、電波天文観測には悪影響があることを確認しました。それを受けて、電波天文周波数小委員会は、日本天文学会と地球電磁気・地球惑星圏学会に相談し、2012年2月29日に屋外PLCを含むPLCシステムの拙速な導入に対し注意を喚起する要望書を総務省に提出しました。記者会見も開き、多くのマスコミの注目を浴びました。その後、電波監理審議会において、屋外PLCを認めるには“干渉被害を通報する窓口をメーカーと共同設置すること”が条件づけられました。その結果、現在でも屋外PLCは販売されていません。天文学者の統一された声が広く世間に届いた成果だと思えます。

2) 1.6 GHz 帯衛星携帯電話

イリジウムの7次混変調が電波天文に与える干渉はずいぶん前から指摘されています。ここでは、災害時に地上携帯電話の輻輳に対応した静止衛星を使ったインマルサットとスラヤ衛星携帯電話について、小委員会の取り組みを紹介します。電波天文は1,660-1,670 MHzで一次業務です。静止衛星携帯電話は1,660 MHzで電波天文と隣接しています。隣接干渉検討が専用ソフトにより机上計算で行われ、各対象となる観測所に対し、地形による回折減衰を考慮し、利用制限エリアが設定されました。利用制限エリアでは“災害時および人命にかかわる事態”を除き、衛星携帯の利用は禁止されています。端末の販売時と各業者のウェブサイトにて、こうした利用制限を周知しています。国内の対象となる観測所は、野辺山宇宙電波観測所、白田宇宙空間観測所、鹿島宇宙技術センターです。

3) 23 GHz 帯 CATV 無線伝送システム

災害時にCATVケーブル設備が使用不能になる場合があります。山間部などにTV放送の継続的サービスを行うために、デジタル無線伝送によってサービスの継続を可能とするものです。CATV無線伝送は23.2-23.6 GHz帯の400 MHz

幅が利用され、23.6-24 GHz帯の電波天文と隣接しています。電波法第56条第1項によれば、総務大臣による保護指定がされている電波天文台付近でCATV無線システムを使用する場合は、“電波天文業務の受信設備の運用に支障を与えない場合に限る”とされています。国内にはすでに保護指定されている観測所は8カ所あり、それ以外にこの帯域を観測する観測所はさらに8カ所あります。CATV無線局を設置するに当たり、与干渉と被干渉側が相互に確認を取り合います。この帯域の観測の重要性に鑑みて、このとき保護対象の8カ所に準じる形で、まだ保護指定されていないその他の8カ所も特別に保護対象と考え干渉検討の対象として扱ってくれることになりました。

4) 79 GHz 帯車載レーダー

通称79 GHz帯車載レーダーは、76-77 GHz帯の長距離レーダー（クルーズコントロール）と77-81 GHz帯の近距離レーダー（人、車の検知、約10-20 cm程度の分解能）から構成されます。電波天文業務と無線標定業務（レーダー）はこの帯域でオーバーラップしています。現在のRR割り当てでは、中間の77.5-78.0 GHz帯が両業務にとって何らの指定もなく、アマチュア無線に限定で一次業務指定になっています。79 GHz帯車載レーダー側はWRC15においてこの77.5-78.0 GHz帯を一次業務にする様に要求しています。車載レーダーの有無は事故の未然防止というかたちで人命にもかかわっており、また、ITS（高度道路交通システム）の一環として全世界的にも歩調のとれた動きとなっています。こうした状況を踏まえ、電波天文としては野辺山宇宙電波観測所の近傍に限定して、レーダーのGPSによる自動停止の可能性の検討をお願いしています。

国内では、総務省主催の作業班で電波天文を含む関係者が協議し、79 GHz帯車載レーダーの報告書が作成され、すでに答申化されています。レーダー普及率と車の総走行台数を考慮に入れた累積干渉検討の結果は、この報告書のなかで与干

渉・被干渉の合意が得られずに、結果として両見解の併記となっています。将来の電波天文観測への干渉影響への配慮は報告書の結論部分に記載されています。ちなみに、電波天文側の見解には45 m望遠鏡の近隣半径約10 kmのレーダー使用停止を、また推進側の見解には同様に400 m以内の使用禁止という結果が併記されています。この見解の相違は主に、野辺山周辺道路から45 m望遠鏡への見通し距離の想定の違いによります。特に冬期における道路周辺植生の落葉に対する減衰量の想定の違い、さらには電波天文観測におけるデータ損（ITU-R勧告RA.1513）の解釈の違いにも由来しています。双方の歩み寄りはありませんでした。

3.3 これからの取り組み

干渉対応に関しての小委員会の作業は、定常業務化された運用作業と干渉源の新たな登場による新規検討作業の両方があります。定常業務化されたものの例は、1.6 GHz帯衛星携帯電話の利用制限にまつわる端末所持者からの衛星携帯使用後の通知と使用可否に当たっての疑問点の問い合わせがあります。携帯端末を販売する際、所有者に利用制限の内容が正確に伝えられていない場合に頻繁にこうした事態が発生しています。

また、23 GHz帯CATV無線伝送システムの運用調整については、無線システムの投入がなされる場合に、双方で干渉影響を確認しながら設置方法を考えることとしています。こうした状況において、小委員会はCATV側と各対象観測所との仲立ちをしています。

新たな周波数利用はいろいろな局面で発生します。それは、能動業務の技術進歩に従い、また、災害への対応など社会的な要請からくる場合もあります。さらに、総務省はその政策において、有限な電波資源を有効に活用するため、周波数利用の見直しを定期的に行っています。より高い周波数帯における能動業務の利用研究は新たな関心事となっています。

無線通信規則RRにおいては275 GHzまでの周波数を具体的に業務に割り当てています。今後において、技術が進歩すれば、275 GHz以上の応用にも周波数を割り当てていくことが考えられます。電波天文としても、こうした275 GHz以上の高い周波数応用⁸⁾からの干渉に関する検討は既に行っています。周波数が高くなれば、電波の指向性が鋭くなり、大気減衰が効くため、電波干渉を軽減するので、能動業務と受動業務のすみ分けは進むと期待されます。一方、ALMAのようにこの周波数帯で観測している望遠鏡もあるので慎重な検討が必要です。

4. 電波天文学を続けるために

4.1 電波天文と共用検討

電波天文を守り、そして人々の安心・安全な生活の便宜も犠牲にしない、共存と共栄を図るためには、どうすればいいのでしょうか。昨年、「宇宙の生命素材物質の形成過程を解明」というニュースが新聞等で注目を集めました。研究チームは、生命に必須なアミノ酸であるグリシンの前段階物質と考えられるメチルアミンを、国立天文台野辺山宇宙電波観測所の45 m大型電波望遠鏡によって検出し、他の惑星系にも生命が存在する期待を高める結果が得られました⁹⁾。ところがこのメチルアミンという分子はちょうど車載レーダーで使われている周波数79 GHz帯と重なっています。



図4 ITU事務総局長のZhao氏との面談。左がZhao氏、右が齋藤正雄委員長、奥に齋藤泰文事務局長が見える。



電波天文と車載レーダーはともに一次業務です。前述した総務省報告書で想定した普及率は0.3%という低い値ですが、79 GHz帯車載レーダーの普及が進めば、いずれすみ分けは困難になることは明らかです。もし、ITS (Intelligent Transportation System) がより高度化し、野辺山宇宙電波観測所の周辺にてレーダーが自動停止すれば、また45 m望遠鏡の観測に関するスケジュール情報をITSに盛り込むことができれば、必要最小限のレーダー停止で両立は可能です。このように、技術の進歩とシステムの進化が能動受動業務の共存において大きな役割を果たすことが期待されます。

4.2 周波数保護活動の宣伝

一般的に電波干渉というのはあまり知られていません。そこで、電波天文周波数小委員会では天文学者にこうした電波干渉について広く周知してもらおうと考えています。電波天文に関する講演をする場合には素材の中の一部をこうした電波天文保護活動に触れてもらいたいです。そのため、われわれは使えるような素材提供をし、さらに関係者への基礎知識の伝達などを進めています。同時に能動業務の方への働きかけも大事です。電波天文がどのような宇宙の姿を明らかにしてきたのかを伝え、ともに知恵を出して共存を目指す姿勢を知ってもらい。そうした取り組みも徐々に始めています。

今年の3月にはITUのトップであるZhao事務総局長が来日しました。この方はユニセフやユネスコのトップと同格にある方です。幸いにもわれわれは直接会い、電波天文の重要性を訴えることができました(図4)。こうした活動を地道に積み上げ、電波天文学継続のため日々努力しています。未来の電波天文学者のために。

謝 辞

これまで、周波数保護活動を自分のこととして精力的に進められた故 森本雅樹さん、過去の電

波天文周波数小委員会委員長を努めた井上允さん、大石雅寿さん、近田義広さん、川口則幸さんに感謝します。特に大石さんには筆者の一人の齋藤正雄がこの委員会に入ったときに業務に関する基本を教えてくださいました。

参考文献

- 1) <http://www.southern-star.jp/>
- 2) 大石雅寿, 1997, 天文月報91, 229
- 3) 橋本明, 「無線通信国際標準化」, 日本ITU協会
- 4) 総務省電波利用ホームページ<http://www.tele.soumu.go.jp/j/adm/freq/search/myuse/use/index.htm>
- 5) <https://www.itu.int/rec/R-REC-RA.769/en>
- 6) 内海義雄, 「勝つための国際交渉術教えます!」, 日刊工業新聞社
- 7) 電波天文周波数小委員会ホームページ: <http://ve-raserver.mtk.nao.ac.jp/freqras/>
- 8) 赤羽賢司, 海部宣男, 田原博人, 「宇宙電波天文学」, 共立出版
- 9) <http://www.nro.nao.ac.jp/news/2014/pr0910/0910-preglycine.html>

Protecting Radio Astronomy

Masao SAITO, Osamu KAMEYA,
Kaichi TATSUZAWA, Rikako OKAYASU,
and Yasufumi SAITO

*Radio Frequency Management Committee in
Radio Division, NAOJ, 2-21-1 Osawa,
Mitaka, Tokyo 181-8588, Japan*

Abstract: In a city, one cannot see many stars because of artificial lights. This is known as light pollution that annoys optical astronomers. Similarly, radio astronomy is sometimes disturbed by artificial radio signals from various activities known as radio interference. Even a little interference is devastating because radio signal from the universe is so faint. In this article, the rules and regulation to govern radio frequency management is introduced and also how these regulations are agreed. The radio frequency management committee is a center to protect radio astronomy in NAOJ, but individual astronomers must be aware and take actions if needed to continue radio astronomy in the future.