

「ゆり」、「さくら」、「きく」に囲まれて^[1]

首都大学東京 システムデザイン学部

福地 一

電波研究所(電波研)という研究所が日本にあった。1952年に設立された国立研究所である。私は、この電波研に1977年に採用された。1952年は私の生まれ年でもあり、「電波研は設立されてから何年ですか？」という問合せには即座に回答できた。自分の年齢を答えればいいのだから。

1977年当時は、今と同じように就職難で、国立研究所でも採用は数名かゼロだったように記憶している。しかし、電波研は研究職・技術職で10名以上採用し異彩を放っていた。後で分かったことだが、この頃は、それぞれ日本最初の、気象衛星『ひまわり』が1977年7月に、実験用国内通信衛星『さくら』が1977年12月に、実験用国内放送衛星『ゆり』が1978年4月に、米国のデルタ2914ロケットで打ち上げられ、静止衛星利用元年とも言える時期だった。この他、1977年2月に、ミリ波衛星通信の電波伝搬実験を目的とした『きく2号(ETS-2)』が、1978年2月に電離層観測衛星『うめ2号(ISS-b)』が、1979年2月に実験用通信衛星『あやめ(ECS)』が日本のN-1ロケットで打ち上げられている。これらの衛星で『ひまわり』以外はすべて電波研が実験の主体的な役割を果たすことになっていた。とにかく人手が必要だったのだろう、大学時代の専門は問わず、ケーブル運びや測定器運びができる人材を確保したと思われる。

というわけで、1977年から私と『電波』のおつきあいが始まるわけだが、仕事では、前述の『ゆり』の担当となった。ただし、若い時の勢いもあって、地球と衛星の間の電波の伝わり方、特に降雨などの気象粒子によって電波の振幅、位相、偏波がどう影響を受けるかという点に興味をもった私は、『ゆり』だけではなく、『さくら』、『きく2号』の測定データなども使わせていただいた。周波数で言うと、1.7、11.5、12、14、20、30、34.5GHzといった多周波数の電波と数年間にわたってデータ処理をさせていただいた。まさに、『電波』を相手に仕事をするには夢のような環境だった。ところで、この『ゆり』の実験をもとに、NHKが世界に先駆けて実用衛星放送を日本で開始し、この業績は2011年に、米国電気電子学会(IEEE)が電気・電子分野での歴史的偉業を称えるマイルストーン賞の荣誉に輝くこととなる。日本が衛星放送分野でのリーディングカントリーとして認められたのである。

衛星通信・放送の実験の中で、基礎的な知識が有益だと実感した瞬間がある。例の『フリスの伝達式』である。『さくら』の19.45GHzのビーコン信号の受信レベルを連続的に観測していた私は、受信レベルを、『さくら』打ち上げ前の試験で分かっている衛星の送信電力とアンテナ利得、茨城県鹿島受信局のアンテナ利得から、受信局アンテナ出力電力を『フリスの伝達式』で計算してみた。その結果が、どんピシャなのである。当たり前じゃないと言われるかもしれないが、電波研には入ったものの、「電波ってなんだろう、見えないしなあ」と思っていた私にとって、38,000kmの彼方から送られてくる電波の強さが簡単な式で求められたことに感動したのである。後になって、『パイオニア』、『ボイジャー』、『はやぶさ』などの深宇宙通信も含めて宇宙通信が電波伝搬の観点では、無線通信の一番単純で簡単な形態であることが分かった。

フリスの伝達式

$$\frac{P_r}{P_t} = \frac{A_r A_t}{d^2 \lambda^2}$$

現在、私は大学に移っているが、宇宙通信の他に、衛星によるリモートセンシングも研究対象にしている。この分野でも『フリスの伝達式』が大活躍である。基本をしっかり理解することが応用分野での見通しを良くする好例だろう。現在、日本では衛星放送リーディングカントリーとしての矜持をもって次世代衛星放送周波数である22GHz帯衛星放送の研究がNHK放送技術研究所を中心に進められている。我々もアジア地域を対象とした同周波数帯の降雨減衰対策技術の研究をもって研究推進の一端を担いたい。確か、前述のIEEEマイルストーン賞の記念碑がNHK放送技術研究所の前の台座に飾ってあるらしいが、台座がやけにおおきく、次の受賞のためにスペースがあけるとのうわさもある。■

フリスの伝達式の変数

- P_t: 送信電力(送信アンテナへ供給される電力)
- P_r: 受信電力(受信アンテナから得られる電力)
- A_t: 送信アンテナの実効開口面積
- A_r: 受信アンテナの実効開口面積
- d: 送受信アンテナ間の距離
- λ: 波長

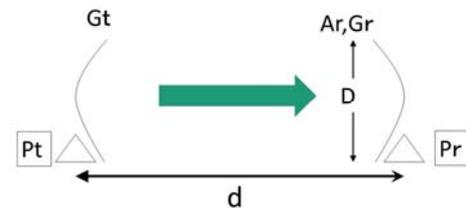


図1 無線通信伝搬路のモデル
G:アンテナ利得、D:開口面アンテナの実効径

【付録】 フリスの伝達式雑感^[2]

フリスの伝達式は、図1に示される無線通信回線を受信アンテナで得られる受信電力を求める有益な式として知られている。多くの書籍では、自由空間損失Lを使った(1)式が使われている。

$$\frac{P_r}{P_t} = G_t G_r L \quad (1)$$

$$L = \left(\frac{\lambda}{4\pi d} \right)^2$$

この式は一般的なアンテナ性能を表すアンテナ利得が送受信双方に使われており、使いやすい式である。ただし、この式の物理的な意味を、例えば、学生に説明するには少し困難が伴う。そ

これは、等方性アンテナの実効開口面積 A_i が(2)式で示されることを天の声のように信じてもらうことが多いからである。また、自由空間損失の中に波長が入るのが納得できない学生もいる。

$$A_i = \frac{\lambda^2}{4\pi} \quad (2)$$

そこで、物理的わかりやすさを考慮して、(3)式を示す。この式の受信アンテナ実効開口面積 A_r は、実効開口径 D をもつ開口面アンテナであれば、開口効率 η を用いて(4)式のように示される。

$$\frac{P_r}{P_t} = \frac{G_t}{4\pi d^2} A_r \quad (3)$$

$$A_r = \eta \frac{\pi D^2}{4} \quad (4)$$

確かに開口面アンテナであれば(3)式は λ も入らずに理解しやすい。しかし、線状アンテナの場合には実効開口面積の表現が複雑になり、(1)式のアンテナ利得を用いた方法が実用的であろう。どうしても(2)式を納得してもらいたければ、文献[3]などのアンテナ専門書に頼って、波長に比して充分小さい微小ダイポールアンテナのアンテナ指向性および実効開口面積を理論的に求めてみよう。そして、それらに矛盾しないように等方性アンテナの実効開口面積を求めると(2)式でなければならないことがわかる。

文献

- [1] 福地 一:「私と電波, 「ゆり」, 「さくら」, 「きく」に囲まれて」, 電波受験界, 61, 9, pp.14-15 (2013)
- [2] 福地 一:「マイクロ波帯・ミリ波帯の電波伝搬」, 映像情報メディア学会誌, Vol. 70, No. 5, pp. 770-775 (2016)
- [3] 虫明康人, 安達三郎:「基礎電波工学」, 共立出版(1970)