

# 電離層内の長波，中波帯電波雑音 および銀河電波の観測

高 倉 達 雄\*

Measurements of LF and MF Radio Noises in the  
Ionosphere and Galactic Emission

By  
Tatsuo TAKAKURA

**Abstract** Rocket observations of radio noises in LF band have been made since 1962. Impulsive noises of  $2\sim 50 \mu V/m$  at  $31 \text{ kc/s}$  ( $\Delta f=1 \text{ kc/s}$ ) observed by K-9 M-6 seem to be real but their origin is not clear. Noise level at about  $100 \text{ kc/s}$  seems to be less than  $1 \mu V/m$  at  $\Delta f=1 \text{ kc/s}$  in the ionosphere up to  $350 \text{ km}$ . Radio noises in the ionosphere and Galactic emissions were observed at  $3.0 \text{ Mc/s}$  by L-3 H-1. The noise in the ionosphere was maximum near the critical plasma layer at which the equivalent noise temperature was about  $10^7 \text{ K}$  ( $0.2 \mu V/m$  at  $\Delta f=1 \text{ kc/s}$ ), if the noise is due to electromagnetic waves. This result is consistent with the excess noises recorded in the measurements of the Galaxy by rockets and satellites in USA and UK. These noises in the MF band, however may be attributed to the electrostatic field of thermal or nonthermal plasma oscillations.

電離層の内部， $300 \text{ km}$  くらいの高度に入れば Van Allen の inner belt にある高エネルギー電子の出す gyro-synchrotron 放射が， $100 \text{ kc/s}$  前後で受かる可能性があるという推定 (Takakura, 1961)[1] のもとに，ロケット観測が計画された。一方，京都大学において，前田(憲)，木村両氏も，電離層内の電波雑音，電波伝ぱん等のロケット観測を計画されていたので，協同で計画を進め，K-8-11 号機で，第1回の観測が行なわれた。

I) K-8-11 (Dec. 18, 1962)

前述した Van Allen inner belt からの  $100 \text{ kc/s}$  の電波雑音レベルは，長さ  $10 \text{ m}$  くらいの dipole アンテナを使っても，かろうじて検出できるくらいの強度であるし，そのほかどのような電波雑音が電離層内に存在するか見当がつかないので，第1回の観測周波数として  $100 \text{ kc/s}$  と  $17.44 \text{ kc/s}$  を選び，後者は地上にある送信局の電波を使って，電波伝ぱんの観測もかねることとした。

1962 年 12 月に，観測が行なわれたが，2 周波とも同時に発生する非常に強いインパルス性雑音がひんぱんに受かった ( $100 \text{ kc/s}$  で  $100 \mu V/m$ ， $\Delta f=1 \text{ kc/s}$ ， $17 \text{ kc/s}$  で  $10 \text{ mV/m}$ ，

---

\* 東京天文台

$\Delta f=1$  kc/s に相当). しかしこの雑音は予想外に強く, 使用したアンテナが巻尺式のスチールベルト(4.6m $\times$ 2)であったためうまく伸びず, ロケット本体にさわったり離れたりして発生した疑が持たれた.

#### II) K-9 M-2 (May 20, 1963)

アンテナ利得は低い, 上記のような強い雑音が実在するなら充分測れるループアンテナを使用し, 100 kc/s, 17.44 kc/s および 7.2 kc/s の3周波で観測が行なわれた.

100 kc/s では前回のような強いものではないが,  $2\sim 3\ \mu\text{V}/\text{m}$  ( $\Delta f=1$  kc/s) に相当するようなインパルス性雑音が平均2秒に一回くらいのひん度で不規則に受かった. 17.44 kc/s および 7.2 kc/s は不幸にして相乗りの magnetic aspectometer からの leakag eflux が混入したが, 少なくとも前回のような強いインパルス性雑音は, 実在のものではないという結論になった.

#### III) L-2-2 (Dec. 11, 1963)

K-9 M-2 の観測で 100 kc/s に受かった弱いインパルス性雑音を確認するため, 受信感度を改善して 97.2 kc/s および 17.44 kc/s でもう一度観測を行なった.

テレメータの故障で相乗りの他の観測は全部不成功であったが, 幸い我々のチャンネルは働き, 一応 97.2 kc/s にインパルス性の雑音が受かってはいるが, テレメータ系の故障に起因する雑音が混入した可能性が十分に考えられる.

このようなことを繰返していても, インパルス性雑音が電離層内に実在するものかどうかとゆうことすら見わけられないので, 電波雑音を出す可能性のある相乗り器を一切さけて, 電波受信だけの専用ロケットが計画された. これが後で述べる K-9 M-6 である.

#### IV) L-3-1 (2段目) (July 11, 1964)

中波および短波帯で, 地上局から発射された電波が電離層内でいかに伝ばんするかを観測するとともに, 電離層内での雑音および宇宙電波を観測する目的です 1.220 Mc/s および 9.595 Mc/s の観測が計画された.

この観測は, 不幸にしてテレメータの故障でデータが得られなかった.

中波帯の電離層内異常雑音は, 1962年 Walsh, Haddock 等 (1964)[2]が1 $\sim$ 2 Mc/s で, 銀河電波をロケット観測した時に偶然観測されたもので, その後最近までには Hugueuin et al (1964)[3], Harty (1964)[4], Alexander & Stone (1965)[5] がそれぞれ銀河電波観測をしたときにも同様の中波帯異常雑音が受かっている. なお 1964年には Harvey (1965)[6]がこの異常雑音のスペクトルおよび偏波の観測を行ない, Walsh, Haddock 等が推論したごとく, ジャイロ周波より高い周波数では屈折率の高い extraordinary wave (電波と言うより plasma wave に近い) であるという結論を得ている.

#### V) K-9 M-6 (Feb. 6, 1965)

このロケットは前に述べたごとく, 電波観測用の専用機として計画された.

観測周波数は 97.2 kc/s および 31 kc/s と, 2.7 Mc/s および 1.09 Mc/s の4周波である. (このほか相乗りとして, 名大空電研による ELF, VLF の電波観測も搭載されている).

観測は全部正常に行なわれ, 次の結果が得られた.

1) 97.2 kc/s  $1\ \mu\text{V}/\text{m}$  ( $\Delta f=1$  kc/s) 以上の雑音電波は, 何も受からなかった. したがって今までの観測で受かったインパルス性雑音は, 多分人工のものをひろったのであろう.

ただし実在するものであって、時間的に activity に変動のある可能性もあるが。

2) 31 kc/s  $2 \sim 50 \mu V/m$  ( $\Delta f = 1$  kc/s) の多くのインパルス性雑音が受かった。ただし、これくらいの周波数になると、地上からの電波も一部電離層にもれ込む可能性があるもので、これらの雑音電波が電離層内に起因したものであるとは言い切れない。

3) 1.09 Mc/s 200~300 km の高度において、 $2 \mu V/m$  ( $\Delta f = 1$  kc/s) くらいのノイズレベルの増加が観測された。これは電磁波と仮定して等価温度に換算すると  $10^9 K$  に相当する。この結果は Walsh 等の結果と Consistent である。

4) 2.7 Mc/s minimum detectable な感度  $0.1 \mu V/m$  ( $\Delta f = 1$  kc/s) 以上のノイズレベルは受からなかった。これは等価温度に換算すると  $4 \times 10^6 K$  以下である。Walsh 等が 2 Mc/s で受かった雑音レベルは、等価温度で約  $10^6 K$  であるが、その後の Alexander 等の観測をみると、ロケットの上昇時と下昇時による非対称がかなりあり、周波数によっても強度が不規則に異なっているので、この種の雑音は場所的または時間的に変動があると思われる。

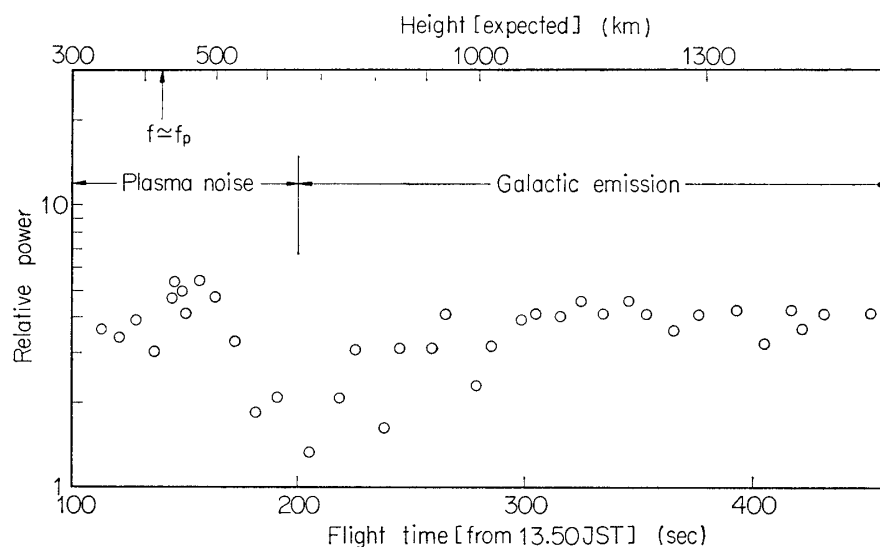
#### VI) L-3 H-1 (Mar. 5, 1966)

このロケットは 1,500 km くらいの高度まで上る予定なので、電離層の外に出て銀河電波の観測が可能である。しかし、打上げが昼間に限定されるので、3 Mc/s くらいより低い周波数では観測できない。銀河電波の電波スペクトルは、1 Mc/s またはそれ以下の測定が目下観測的にも理論的にも重要なのであるが、今回は将来人工衛星による 4~7 Mc/s くらいでの太陽電波バーストのパトロール観測に対する予備実験をかねて、3 Mc/s で銀河電波を受けてみることに、電離層内での異常雑音を測るために 3 Mc/s と 970 kc/s の 2 周波で観測がなされた。

このロケットはレーダ、トランスポンダの不調とテレメータの受信状態の不良のために、満足なデータは得られなかったが、3 Mc/s では、とにかく銀河電波および電離層内雑音と思われるものが受かった。第 1 図は、flight time に対する雑音レベルの変化である。300 秒以後ほぼ一定のレベルで受かっているものが銀河電波であり、150 秒付近にピークの有るものが電離層内の異常雑音と思われる。飛しょう中の calibration 装置がつけてないために雑音レベルの絶対値は正確にわからないが、銀河電波の 3 Mc/s における強度として、今までに観測されている値 ( $T_B \approx 7 \times 10^6 K$ ) を使えば、この電離層内の雑音は、電磁波と仮定すると等価温度  $9 \times 10^6 K$  ( $0.2 \mu V/m$ ,  $\Delta f = 1$  kc/s) に相当する。

この電離層内の中波異常雑音は、電離層内の電子の熱運動 ( $10^3 K$  位) により励起されている thermal な plasma waves の electrostatic field によるものと考えた方がよさそうであることは最近 scarf 等 [7] によって、定量的に一応説明付けられた。しかし、時間的、場所的な変動があることを考えると、高エネルギーの荷電粒子が 300~1,000 km ぐらゐの電離層上層に飛び込んで来ており、これによって、プラズマ周波数よりわずかに高い周波数をもった遅い波 (plasma wave に近い extraordinary wave) が C'ernkov 放射的に excite されているものと思われる。

この荷電粒子は電子であってもイオンであっても同じであるが、エネルギーは大体 10 keV またはこれ以上のもので  $10 \sim 10^2 \text{cm}^{-2} \text{s}^{-1} \text{steradian}^{-1}$  くらいの particle flux があれば、今まで観測されているメガサイクル帯の異常雑音は、説明されそうである。



第1図 3 Mc/s L-3 H-1 (March 5, 1966)

したがって、10 keV くらいの粒子の flux 測定と同時測定を行なえば、興味のある結果が得られるかもしれない。

将来の計画として、親ロケットより、秒速 10 m くらいの早さで Spin 軸方向に子供のロケットを放出し、親、子ともに受信装置をのせ、variable spacing 干渉計として銀河電波の空間的電波強度分布を測定することを実現したいと思っている。これには、親子間のテレメータ、トランスポンダおよび親ロケットの姿勢制御が必要と思われる。

1966 年 6 月 23 日

## 参 考 文 献

- [1] T. Takakura: Rep. Iono. Space Res. Japan, **15**, 314, 1961.
- [2] D. Walsh, F. T. Haddock and H. F. Schulte: Space Research IV (North-Holland Pub., 1964) p. 935.
- [3] G. R. Huguenin, A. E. Lilley, W. H. McDonough and M. P.: Papagiannis Planet. Space Sci, **12**, 1157, 1964.
- [4] T. R. Hartz: Ann. d'Astrophys., **27**, 823, 1964.
- [5] J. K. Alexander and R. G. Stone: Ap. J., **142**, 1327, 1965.
- [6] C. C. Harvey: Ann. d'Astrophys., **28**, 248, 1965.
- [7] F. L. Scarf and R. W. Fredricks: Planet, Space Sci., **13**, 921, 1965.

## 質 疑 討 論

小田: Galaxy で 1 Mc 付近が面白いという理由は.

高倉: 電離水素領域による thermal な free-free absorption が Galactic plane にあると考えられている.

小田: 干渉計として上空で Rocket を二つに分割して落下中にはなれてゆくのをを用いるのはどうか.

高倉: その可能性はある.

前田(憲): COSPAR で Rocket を二つに分割して、それぞれに送受信機をつけて落した例が report された.