

ロケットによる ELF~VLF 帯 雑音電波の観測

岩井 章・大津仁助・田中義人

1. ま え が き

ELF~VLF 帯の如き低周波帯においては電離層は電波に対し或る程度の遮蔽作用をするので、超高層におけるこの帯域の電磁波現象は地上で観測する事は低緯度地方では特に困難である。然し、この帯域には、ホイッスラー、VLF 放射等、超高層の電子密度、イオン密度、地磁気等の物理的性質の情報を伝える電磁波現象が多いので、これらの研究をすることは宇宙空間開発上極めて重要な事である。このため、電波雑音測定機をロケット、人工衛星に搭載して電離層内或いはそれより高い超高層でこれら諸現象の観測をする必要があり、米、加、濠等では既に若干の観測成果を挙げて来ている。

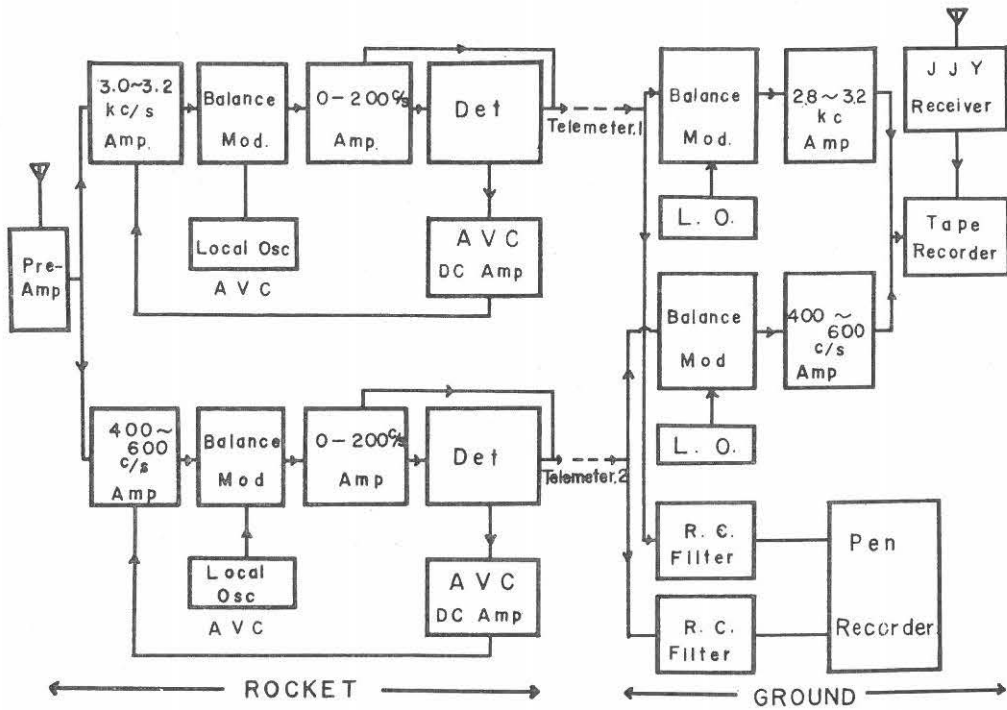
我々は地上において永年低周波帯の電波現象の観測を続けて来たが、このたび、ロケットに測定機を搭載して観測する機会が与えられたので、低周波帯の電磁現象を地上とロケットで同時観測して電離層の影響、超高層における外気圏の状態を研究することを試みた。

興味の対象は、当面の間は 10kc/s 程度までであるが、測定項目としては 2 種類に分けられる。第 1 は、ホイッスラー、コーラス、ライザー等の孤立性現象のこの帯域における周波数の時間に対する変化であり、第 2 は、ヒス等で分類される連続性雑音の周波数分布とその強度の時間的、空間的变化である。第 1 のためには、10kc/s までの広帯域テレメーターが必要であり、第 2 のためには、多くの狭帯域テレメーターチャンネルが必要である。然し、現用のテレメーター装置では最大伝送帯巾が 200~300 c/s であり、又、最大チャンネル数が 10~12 であり、一測定項目に割当てられるチャンネル数も著しく制限される。又、測定対象周波数が他の測定器の発する妨害や、テレメーターのサブキャリアーと同一レンジにあるため、高感度とするのには相当の困難が予想される。

これらの情勢のもとに計画を始めたが、勿論、ロケッ

ト観測は経験なく、未知の事が多く、どの程度の電波強度が期待されるか、又、混載されている他の測定器よりの妨害がどの程度か全然分らないため設計は困難を極めた。然し、先ず最初は比較的強度の強いホイッスラーの観測より着手する事にした。ホイッスラーはその周波数帯域が数 kc/s あるが、上述の様に現用のテレメーター装置では最大伝送帯巾が 200 c/s のため、そのままではテレメートすることが出来ない。このため、帯域を分割して VLF 帯と ELF 帯にそれぞれ 1 チャンネルずつを選び、そこで 200 c/s の巾をそれぞれ受信して、これをテレメートすることにした。然し、ロケット発射時間は昼間が多く、ホイッスラー発生頻度は極めて少なく、飛行時間も数分であるため、殆んどホイッスラーを受信するチャンスがないと思われたので、ホイッスラーの他に、その帯域の雑音電波の平均強度をも測定出来る様に途中で変更した。

かくして、1963年12月、L-2-2 で最初の実験を試みたが、第 1 回としては幸運にも成功して若干のデータが得られた。即ち、ロケットの飛行時間は 10 分であるが、不確実なものを含めて 13 回のホイッスラーが検出され、この中 6 回が地上でも観測された。又、一方、400~600 c/s の平均雑音レベルが異常に高い値を示した。これをもう一度確かめるため、同一の改良した観測装置を、L-3-1 のブースタ段に搭載して、1964年7月に観測を行ったが、ブースタ段のテレメーターがメイン、ブースタ切断時のショックで故障してデータを得る事が出来なかった。この L-3-1 は 4 月上旬打上げ予定が 7 月に延期されたものであり、7 月では日本においてはホイッスラーの観測は不可能であるが、超高層における雑音レベルを測定する事を目的としたものであった。その後、1964年10月発射予定の L-3-2 が延期になったので、現在まで、唯一回のデータが得られただけで、未だ確信のあるものではないので研究はこれからであるが、一応、L-2-2 で得られた結果のみについて述べる。



第 1 図 ロケット観測装置系統図

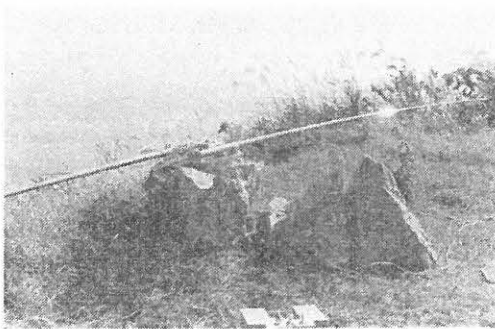


写真1 空中線全景

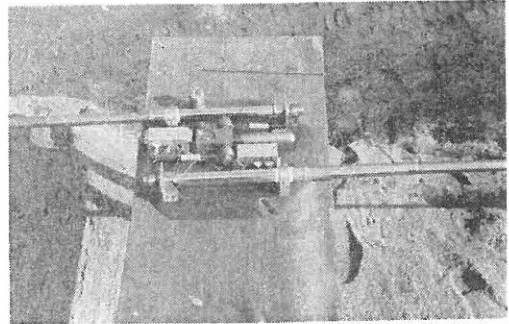


写真2 空中線射出装置

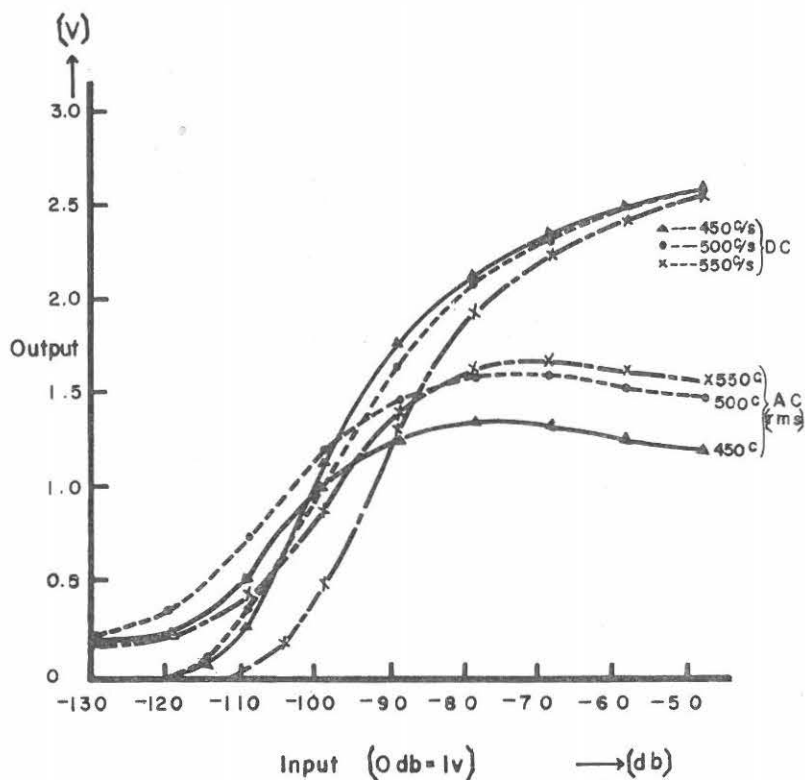
2. 測定法

L-2-2で採られた測定法は次の如くである。即ち、前述の如く、テレメーター伝送帯巾が狭いので、ELF帯で400~600 c/s, VLF帯で3.0~3.2kc/sを選び、この帯域での周波数の時間変化とその平均強度を

測定した。

測定のプロック図を示せば第1図の如くである。

空中線は、写真1~2の如くで既に開発されている3m飛出しアンテナ1本を用い、他端はロケットボデーに接続した。アンテナ直下に前置増巾器をおき、ケーブルにて測定器まで導入した。アンテナ実効容量は30PF、



第 2 図 400~600 c/s 振巾特性

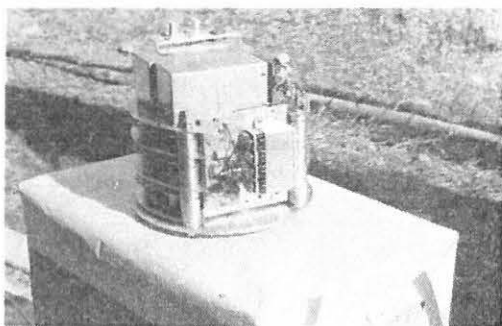


写真3 観測装置本体

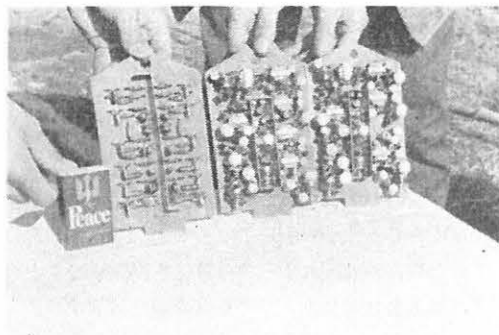


写真4 受信機内部

実効高 1.4m であり、受信機はストレート方式で、利得は約 100db 程度であり、ダイナミックレンジは 60db である。その 1 例として、400~600 c/s 帯の受信機の特性を第 2 図に示す。受信機はすべてプリント配線されたトランジスタ増巾器であり、その外見を写真 3~4 に示す。ロケットのスピンの、プリセッション等を考慮して、検波

充電時定数 30 mSec., 放電時定数 0.2 Sec., AVC 時定数, 約 1.5Sec. と決めた。受信された 200 c/s 中の雑音は上の検波時定数で検波され、直流出力としてテレメータ送信機に送られるが、その他、200 c/s 中の信号は平衡変調器で、400~600 c/s と 3.0~3.2 kc/s がそれぞれ 30~200 c/s に変換され、検波直流信号に重畳され

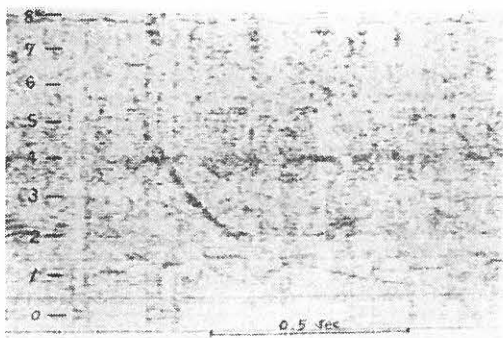


写真5 東串良で得られたホイッスラー

て送られる。これはチャンネルを有効に使うために行うものであり、周波数分割により2チャンネルで4つの信号を送る事が可能である。テレメートされた信号は地上で濾波器により選別され、検波出力と、30~200 c/sに分けられ、検波出力はペン書記録器に、30~200 c/sは再び平衡変調器で局発信号を加えてもとの400~600 c/sと3.0~3.2 kc/sにもどしてテープ録音される。このテープ録音されたものをソナグラフにかけてホイッスラーの検出、及び分散の測定に使用する。

3. 観測結果

3.1 ホイッスラー観測

ロケット観測に並行して行う地上における観測は、17 km 北東の東串良で行われたが、幸い12月9日頃より地上で昼間ホイッスラーが観測されはじめ、発射が14時に繰下げられたためホイッスラー観測には条件が良かった。3.0~3.2 kc/s帯には明らかにホイッスラーが検出されたが、400~600 c/s帯は後述の如く雑音レベルが異常に高くホイッスラーを検出することが不可能であった。このため、ホイッスラーの分散値を測定することが出来ず、地上とロケットとで分散値の差を比較することが不可能であった。東串良における分散値は9日、10日は25であったが、当日は30であった。そのソナグラムの1例を写真5に示す。ロケットでは、地上で観測されたものはすべて観測され、地上で観測不能であったものも観測された。然し、何分にも200 c/s巾で検出するのでむつかしく、判別のしやすい様に地上変調器出力を2.8 kc/sより3.2 kc/sまで通したため八字型になり区別がしやすくなっている。その1例を写真6に示す。然し、頂点をすぎる頃よりテレメーターに異状が認められ

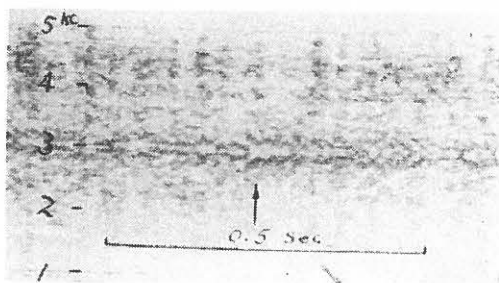


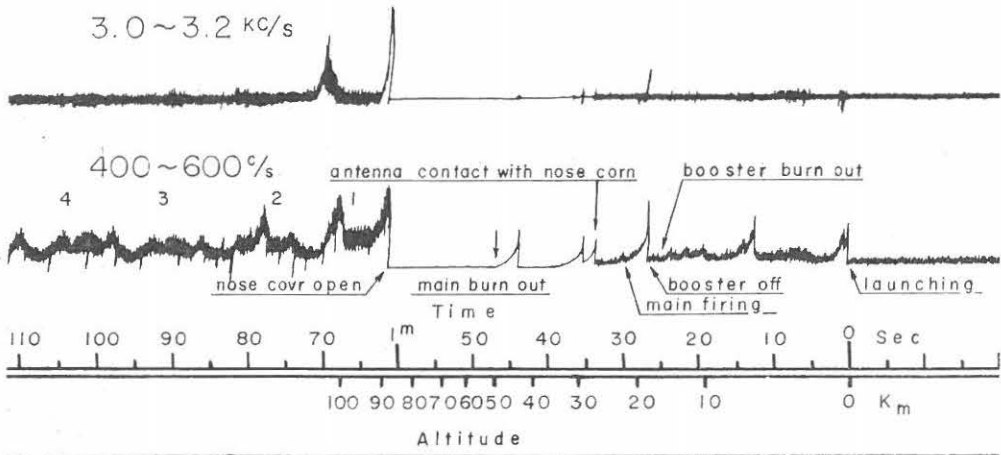
写真6 ロケットで観測されたホイッスラー

表1 地上とロケットのホイッスラー観測比較

Time	Altitude	Rocket	Higashi-Kushira
14h 00m 48s	53km	×	○
57s	74km	×	○
01m 48s	180km	○	○
03m 26s	335km	○	○
04m 59s	397km	○	○
06m 39s	382km	×	○
* 07m 12s	361km	○	×
* 16s	358km	○	×
* 50s	326km	○	×
08m 19s	290km	○	×
* 24s	285km	○	×
42s	258km	○	×
43s	256km	○	×
* 52s	240km	○	×
* 59s	230km	○	×
09m 18s	190km	○	○
32s	160km	○	○
10m 30s			○
42s			○
56s			○

- * shows uncertain whistlers
- shows receiving of whistler
- ×

る様になり、まぎらわしい妨害が混入しているので若干信頼度は落ちるが、得られた結果は第1表の通りである。

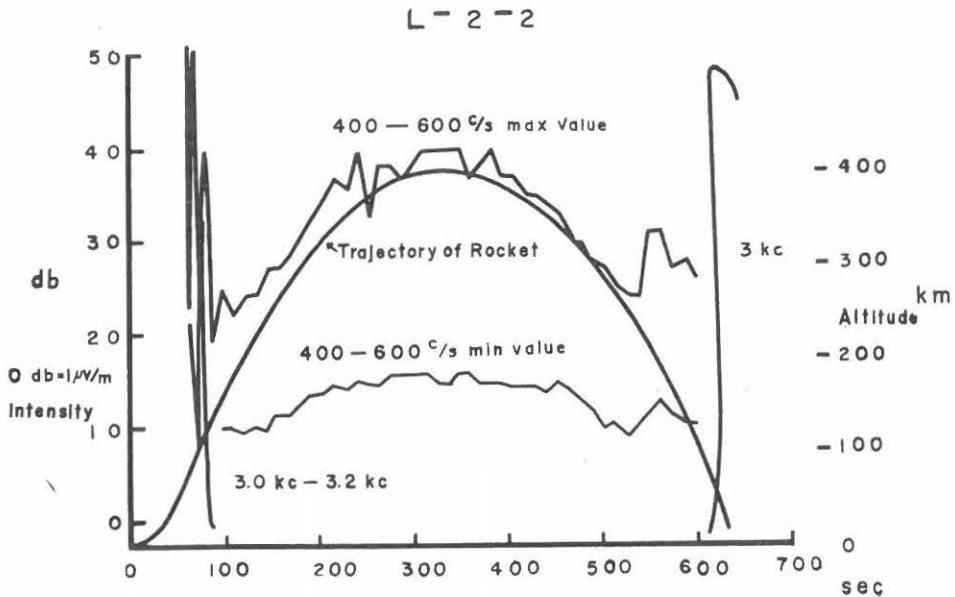


第 3 図 平均レベル記録

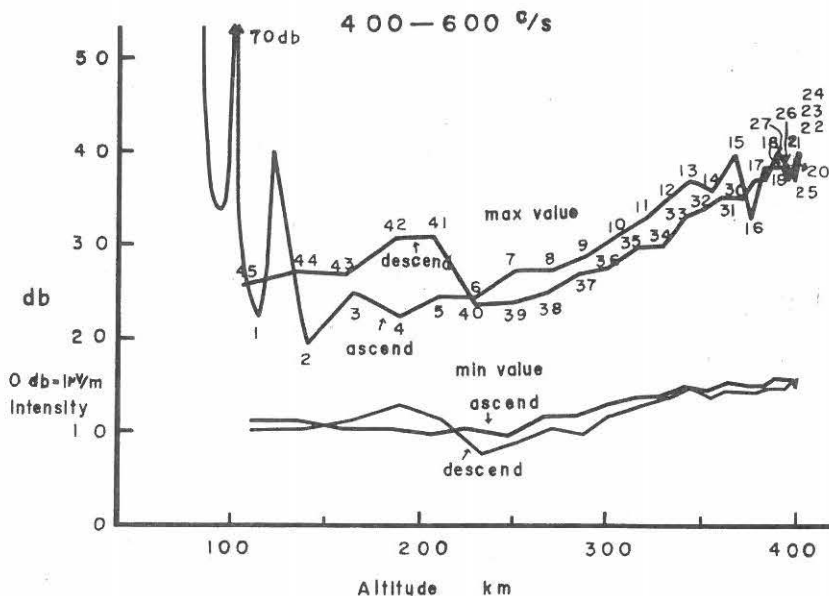
3.2 雑音平均レベル

雑音平均レベルのテレメーター記録の 1 例を第 3 図に示す。これで分る様に 3.0~3.2kc/s 帯のレベルは非常に低く、発射後 70 秒、高度 105km で 32db (0db=1 μ V/m, 以下同じ) の強度を記録したが、それ以後殆んど 0 db を越すレベルの上昇はなく、落下時 610 秒で 48 db を記録して信号が切れた。400~600 c/s 帯は、発射後、68

秒、高度 100 km で電離層に突入して 70 db 以上の飽和値を記録し、その後、78 秒、130 km で 39.5 db の山を示し、その後、約 11.8 秒の周期で極大値と極小値の間を同じ形で反覆している。極大値は高度と共に上昇し、その db 値と高度とは上昇下降とも良い一致を示している。これらの結果を図 4~5 に示す。この周期はプリセッションの周期に完全に一致しているが、その波形はかなりの高調波を含んでおり、それが何に原因するかよく



第 4 図 平均レベル強度



第 5 図 平均レベルの高度特性

分らないが、アンテナの他ロケットボデーもかなりの影響を及ぼしている様である。この結果より、波面のそろった様な雑音電波が存在し高度と共に強くなる事が考えられる。そして、外国でも 1 kc/s 以下に強い雑音が存在することが指摘されているので、この 400~600 c/s 帯の異常な強度はそれと同一のものであらうと思われる。これらは今後のロケット観測により明らかになってくるであらう。

4. あとがき

L-3-1 は、L-2-2 と殆んど同じ方式を用いたがデータが得られなかった。然し、分散値を決定し、又、ヒスのバンドを決めるには 2 チャンネルでは不足である。L-3-2 では、500 c/s, 1 kc/s, 1.5 kc/s, 3.5 kc/s, 8 kc/s の 5 チャンネルについて行う予定であり、L-3-3 では、500 c/s, 1 kc/s, 2 kc/s, 3.5 kc/s の 4 チャンネルで測定する。又、他の混載の測定機からの妨害に常に悩まされたので専用機の必要が痛感され、一方、ホイップアンテナの低周波帯におけるプラズマ内での特性の不明の点より棒型アンテナの開発が絶対必要となった。このため、1965年2月にRN-PR専用

機を飛ばす事になった。これは、1.3m×1.3m のループアンテナを搭載し、然も、400~10k c/s の広帯域テレメーターをもつ本格的なホイッスラー、VLF 放射観測機であり、飛翔時期も 2 月で、これらの観測には最適であり、その成果が大いに期待されている。

今後は、この種専用機による観測をなるべく多くすると同時に、他の測定器よりの妨害を受けない様な方式の測定器に改良する必要がある。又、広帯域テレメーターは今後は絶対に必要であり、この他、コマンドによる測定器の利得地上制御等の指令を与える事が出来る様にすべきである。

これと並行して、地上の観測も重要であるが、ロケットセンター内に妨害雑音が多く、ELF~VLF 電波の観測に適していないので、他に適当な処に地上観測基地を設ける必要がある。又、ロケットはその飛翔時間も短かく、発射日時にも各種の制約があるので、これら現象の測定は人工衛星によって長期のデータを取り地上データと比較研究するのが最も望ましい。

終りに、本研究を行うに当って御指導、御援助を頂いた当研究所長金原教授、京都大学前田教授、大林教授、木村助教授、同志社大学小川教授に深く感謝いたします。又、ロケット搭載に関して、東京大学玉木、斉藤、

野村，森の各教授をはじめ，生研，宇宙研の方々に深く感謝します。ロケット搭載機器の製作は明星電気KK目黒研究所の瓜本信二氏と大山勝氏の御尽力によるものであり，その御協力に対し感謝します。

(1964年. 12月15日)

文 献

- (1) Cartwright, D. G.: Planet. Space Sci. p. 11. vol. 12. 1964.

