

長波帯における空電強度測定 (IV)

鎌田 哲夫 中島 淳 熊谷 玉枝

I. ま え が き

報告(Ⅱ)(空研報, 4-2)並に報告(Ⅲ)(空研報, 5-1)に於て, 観測結果にあらはれた長波帯における空電強度レベルの様相についての概説を報告した。この報告の基になつたのは僅か2年許りの観測結果であつたが, これまでの学説に対して矛盾した点が多く認められた。これは時々刻々状態の異つている自然雑音が測定対象であるのだから, 測定している各周波数に関しては完全同時記録を実施しないと各周波数についての観測結果は何等関連性のない個々に独立したものとなるという明白な事実を裏書きするものに他ならない。従つてかかる観測を継続することは価値の少ないことも明白である。幸い関係方面並に金原所長の

御理解と御好意により, 29年度において中間周波増巾部以後を増設し, その調整, 全面的な模様換え, 試験観測等に稍時間を要したのであるが, 1955年1月より三つの周波数—10kc, 21kc, 27kc—に就て完全同時観測を実施出来る運びとなつた。

観測周波数として, 上記の三者を選択したのは, 受信機の受信可能周波数範囲内で送信している長波局なく且各 Channel を代表すると考えてよいと思われる周波数という以外に意義はなかつたのであるが, たまたま27kcという周波数は, 太陽面爆発時における S. A. E. 現象の観測用として国際協同観測周波数としての決定を見たので大いに意を強くすると共に, この周波数の記録計は他国とのデーターの比較, 交換にそなえて直角座標式記録計を使用した。

写真 1. 長波帯空電強度測定機全景

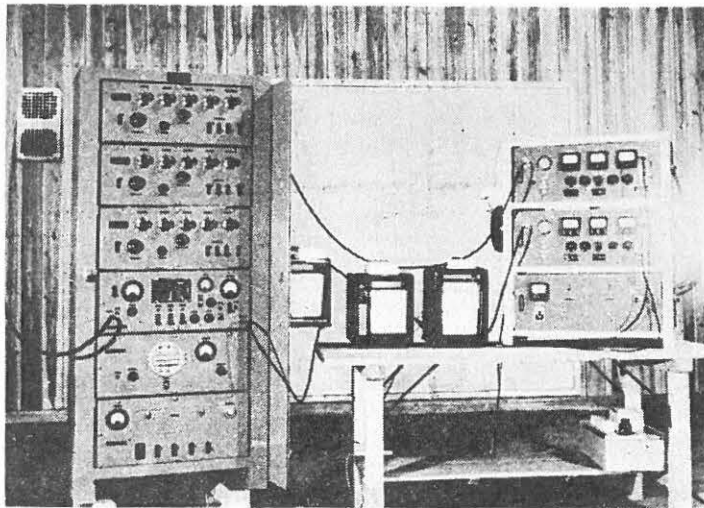


写真1に増設後の装置全体の景観を示した。

勿論中間周波増巾器の帯域巾は厳密に同一特性となる如く調整を行つた。しかし記録のための対数圧縮回路は真空管を使用しているため同一の回路を使用しているが圧縮特性を完全に一致させることが困難であり, 従つて記録を直ちに比較検討出来ない不便はあるが実用上差障りはない。

較正は, 毎日朝夕2回零点の調整を行つている他,

毎月1回利得調整, 周波数調整を実施しているが, 将来は専用の較正器により毎日1回行う積りである。現状では零点の変動は殆んどなく, 利得変動は平均して1~2dbで最大4db程度であり, 周波数変動は平均±100%以下, 最大200%程度である。

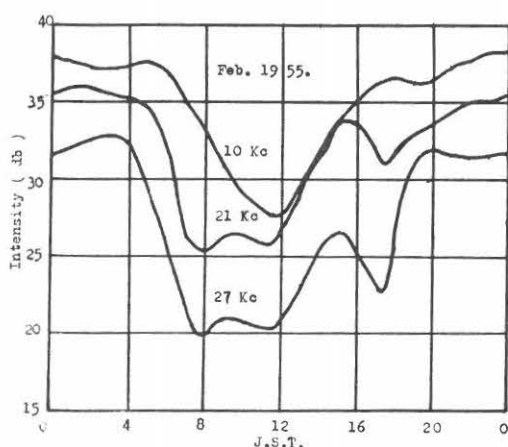
本稿では, 1955年の観測結果を基にして, 之迄の報告を再検討し, 訂正すべき事項, 補足すべき事項を述べ, 併せて最近太陽が活動期に入つたため屢々観測さ

れる S. A. E. に関して新たに観測された現象を報告する次第である。

Ⅱ. 日変化に対する補足

日変化曲線に対して補足訂正すべき点は、21kc 及 27kc の成分の強度変化の模様に対してである。この両成分の変化模様に対して報告(Ⅱ)に於ては一日間の変動は割合少く略一定したレベルを示すと述べたが、之は静穏日にもあてはまり、一般性の乏しいものであるらしいので、第1図に示した日変化図に訂正して頂きたい。かかる変化模様の方が一般性のあることは、次項の第2図に示した日変化の月平均図を1年を通じて眺めて見て判ることである。

第1図 日 変 化 図



第1図により判る如く、10kc 成分には正午附近に明瞭な極小が認められる以外には大した変化がないことは前述の通りであるが、21kc 及 27kc に関しては日没時のレベル低下以外に矢張り正午附近に僅かのレベル低下が認められ、午前と午後各1回極大が認められる。この正午附近のレベル低下は 10kc 成分における如く判然とする日は1箇月の内の約半分以下であり、平均的に僅かに認められる程度というのが特徴である。このことは 20kc 附近を境界として、之より低い周波数成分と高い周波数成分との伝播様式が全く異つたものであるらしいことを暗示するらしく思われる。

次に極大は午前9時～10時附近と午後14時～16時附近とに認められるが、前者は判然とした極大を示す日が1箇月間の内少く従つて平均的にみるとやや莫然としたものであるが、後者は強度も強く、夏季は勿論であるが他の季節に於てさえ屢々夜間のレベル近く上昇

するのが認められ、而も次項で述べるように極大時の季節による移動まで認められる。かかる事実は定期性空電源に対して有力な資料を提供するものであることは想像される。

Ⅲ. 季節変化に対する補足

第2図に1955年を通じての 10kc, 21kc, 27kc に対する月平均強度レベルを示した。

第2図で判る如く、前回迄の報告では、伝播路における減衰の周波数特性により理論的に考えられる強度差と矛盾する点が随所に認められたが、同時刻観測の結果はかかる矛盾が全然なく、前述した如く観測の価値が高められたことが判る。矛盾が生じた原因は日変化レベルの変動が1箇月の間に相当大巾なものであることによる。

次に季節変化に関して、報告(Ⅲ)で1953年及1954年前半期のレベルを比較し、その低下を比強度図から受信範囲内における雷活動の低下と考へて報告したが、比強度図の変化率から考へて、雷活動の低下の影響としては過大にすぎると思われたのであらゆる点に付き再調査をして検討を加えた結果、全面的に訂正の必要を認めたので現在再整理中であり歴年変化に関しては次の機会に譲りたい。しかして現在迄に再整理の終つた部分から見て、報告(Ⅲ)に述べた事実を著るしく相害する点は出ていないが、訂正を申し出ることとは、整理に当つた筆者等の不注意によるものでありこの稿をかりて深くお詫びを述べる次第である。

日没線と昼夜レベルの変動時における関係については、すでに報告(Ⅱ)でもふれておいたのであるが、この関係を一層明瞭にするために毎日の記録について強度レベルの極大時並に極小時をしらべてその時刻の季節変化図をつくると第3図の如くなる。又日没時の極小時より夜間の高レベルえ、更に夜間の高レベルより日出時の極小レベルえ達するに要する時間差の季節変化を明瞭にするために第4図をつくつた。第3図及び第4図より日出時と日没時の関係は冬至と夏至とを中心にはつきり逆相になつており、伝播途上に日没線が存在するときにレベルの変遷期である⁽¹⁾ということから季節毎の定期性空電源がはつきり暗示されているようである。従つて一方日没時のレベルの極小時、夜間レベルえの到達時並に夜間レベルからの下降開始時のバラ付きはその季節の定期性空電源の拡りに比例したものと思ひして大差ないようである。

更に豊川における日没線と日没時の極小時並に日出線と夜間レベルよりの下降開始時との季節変化の模様

第 2 図 日変化の月平均強度レベルの変遷

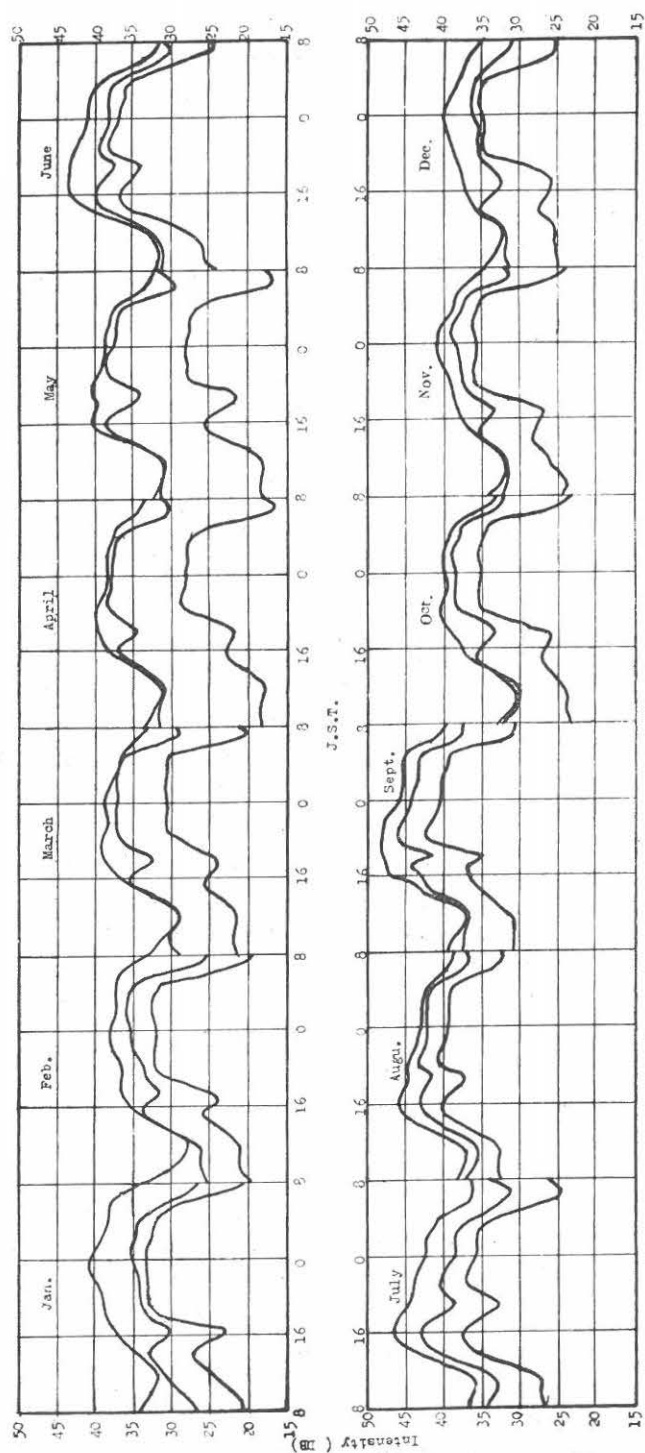
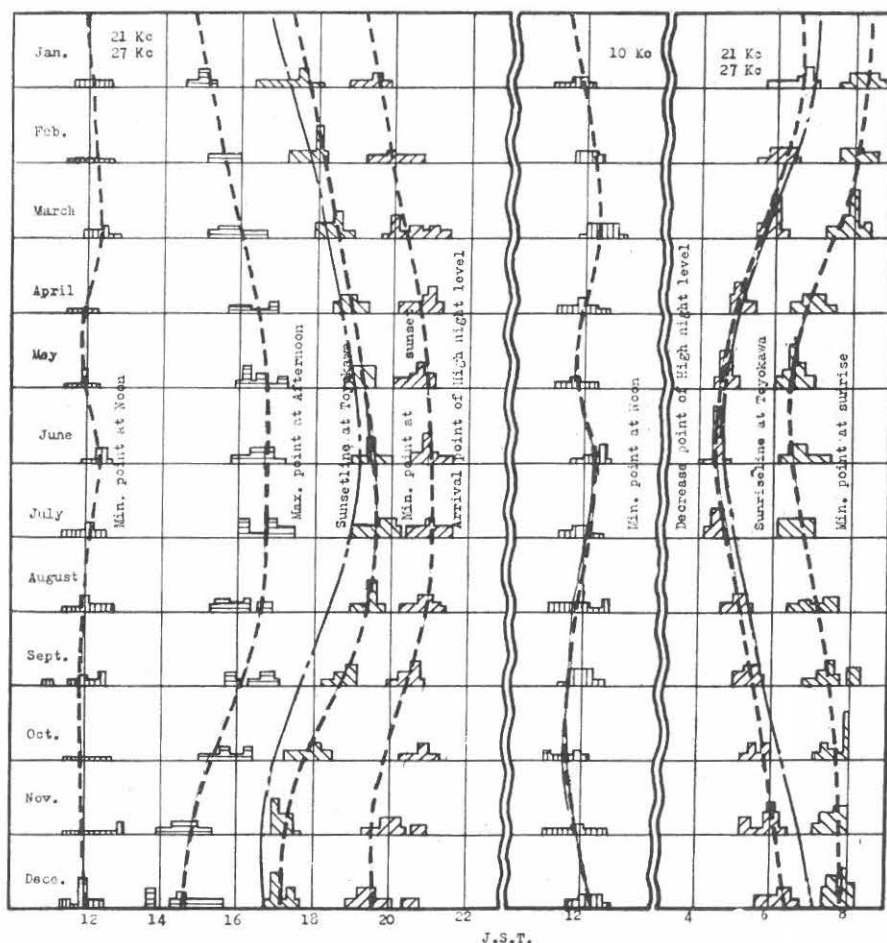


図 3 強度レベル変遷時における極大極小点の季節的変化模様

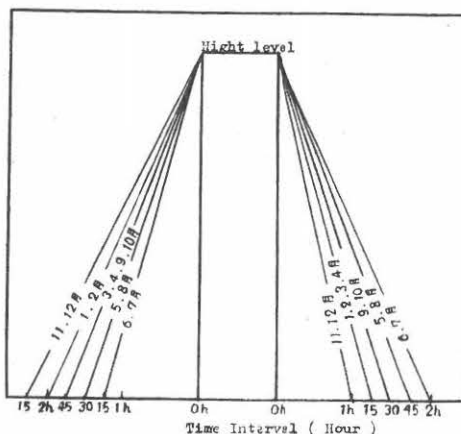


を見ると、前者では冬季に極小時が豊川における日没線通過時より遅れ夏季に両者が殆んど同時になり、後者では冬季に下降開始時が豊川における日出線通過時より早く始まるが夏季には殆んど同時になっている。この事実は、豊川において各季節に受信している空電源の主勢力の方向が、日没線の地表に対する傾斜をも考えに入れると略々一定していることが窺われる。

前節で述べた午後認められる強度レベルの極大時の季節的移動模様は、夜間レベルへの到達時の移動模様と殆んど完全に平行していることは興味のあることで、定季的に存在することから考えると初期の夜間レベルを決定する領域の空電源の昼間における活動時に相当していることなどから、この領域よりする空電を根拠とした増加であると見做し得るのではなかろうか。

10kc 成分に特に明確に見られる正午附近の極小時

第4図 昼間レベルと夜間レベルの変遷に要する時間差の季節的關係



は受信している主要空電源の伝播路の中点附近における太陽の南中時の変化と略々完全に一致している。之は 10kc の成分は D 領域の電離密度の最大となる正午附近において最も吸収をうけるということを裏書きするものと思われる。時間的のバラつきは前述したように源の拡がりによるものであろう。

IV. Sudden Atmospherics Enhancement.

1955 年度は太陽が活動期に入つたので爆発も屢々観測され、之に伴う S. A. E. も相当数観測された。この両者の関係を見るために第一表を作成した。

第一表 S. A. E と burst との相互関係

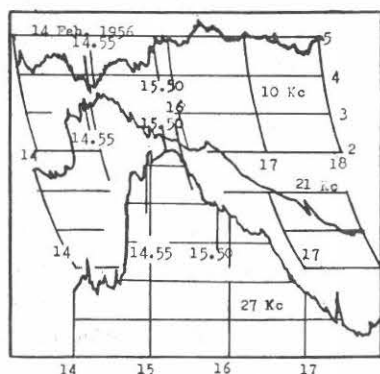
Month	周波数	Solar Noise Outburst		S. A. E		
		3750 Mc		10 kc	21 kc	27 kc
		Type	No.	No.	No.	No.
1955 1 月		S. D	3	(欠測 3)	3	2
		C. D	2	0	1(欠測 1)	1
2 月		S. D	3	0	0	0
		C. D	2	1	1	2
3 月		S. D	0	0	0	0
		C. D	1	0	1	1
4 月		S. D	0	0	0	0
		C. D	0	0	0	0
5 月		S. D	4	0	2(欠 1)	0(欠測 2)
		C. D	2	0	0	(欠 2)
6 月		S. D	15	0	5	6
		C. D	5	0	4	3
7 月		S. D	4	0	1(欠 1)	1(欠 1)
		C. D	5	0	3	3
8 月		S. D	1	0	0	0
		C. D	1	0	0	0
9 月		S. D	2	0	0	1
		C. D	1	0	1	1
10 月		S. D	4	0(欠 2)	1(欠 3)	0(欠 3)
		C. D	2	0(欠 1)	1(欠 1)	1(欠 1)
11 月		S. D	12	3	6(欠 1)	8
		C. D	8	1	3(欠 1)	4(欠 1)
12 月		S. D	4	0	2	2
		C. D	2	0	0	0(欠 1)

この表により、S. A. E. 現象は 21kc 及び 27kc 成分では爆発時に殆んど例外なく認められるが、10kc 成分では認められることが極く稀であることが判る。

次に本年 2 月 14 日並に 23 日の爆発の際の S. A. E. に

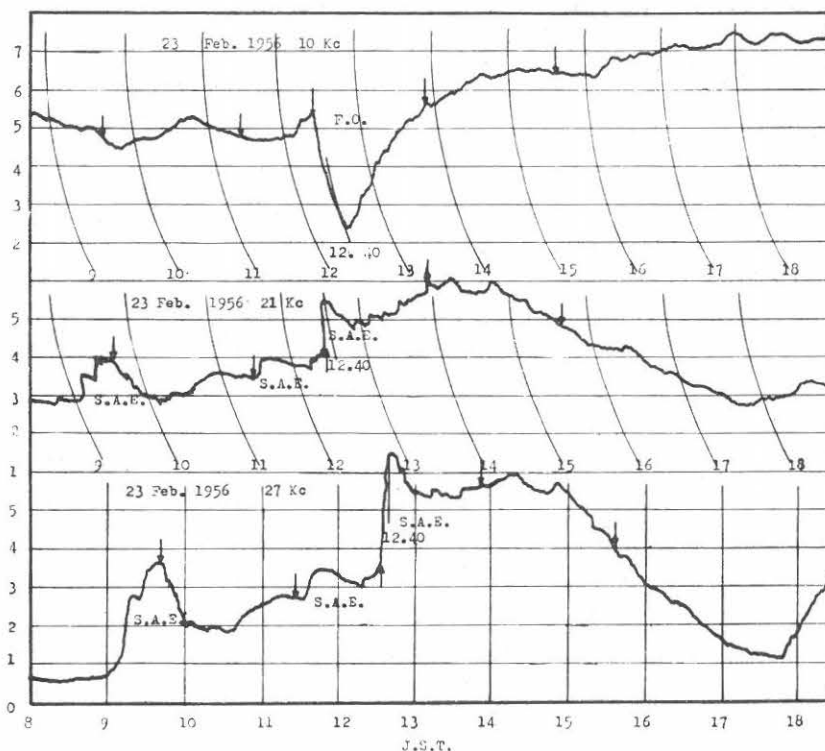
ついて述べよう。この両日の爆発は本号の太陽電波の報告にあるように最大級に属するものであり、S. A. E. に関しても注目すべき変化が見られた例である。図 5 及び図 6 に両日の空電強度レベルの記録を示した。

図 5 14 日の空電強度記録の一部



14 日の例は S. A. E. が 3750 Mc の記録と殆んど同時に現れている。23 日の場合は 3750Mc の太陽爆発時における強度上昇開始時(矢印にて示す)に対する S. A. E. の模様は図 6 に見られるように 9 時～10 時に起つたものは S. A. E. の方が開始が早く 11 時～12 時のものは遅く、12 時～13 時のものは同時に起つており、夫々異つた三つの姿態が記録されている。この事実は太陽電波という広範囲に周波数スペクトルを有するものの内の一周波数に就てのみ比較したためで、S. A. E. と最も好い対応を示す周波数成分はどの程度の周波数範囲にあるかということが判明すれば、D 領域の解釈に重要な事柄となるらしいことが想像される。現に 9000Mc で burst が記録され 3750Mc では変化がな

図 6 23日の空電強度記録の一部



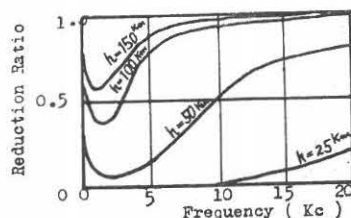
い場合に S. A. E. が観測されることがある。21kc 及び 27kc 成分における S. A. E. は現在定説となつてゐる突発性の強烈な太陽面における紫外線爆発による D 領域の異常電離に基因すると考えられる。ここに示した 2 例で特に注目すべき現象は、之迄の観測結果では爆発時に殆んど影響を蒙らなかつた 10kc 成分に著るしい減衰が観測されたことである。5kc 及び 3.5kc 成分における同様な現象は Gardner 氏により観測されているが、10kc 成分における Fade out 的な現象は未だ観測報告を見たことがなく注目すべき事柄と思われる。かかる現象を説明するには、大地と電離層とで形成される導波管内の伝播の概念によるのが一番適切な解析を行い得ると思われる。即ち長波帯の電離層伝播に対して寄与している層の高さの大小の変化に伴う導波管の cut off frequency の変化に基付くのではなからうかという考え方である。今理論的にかかる概念がなりたち得るかを検討して見よう。このために K. G. Budden 氏等により展開された理論による。

$P_r = 4\pi e^2 / m r$ (但 e = 電子の電荷, m = 電子の質量) なる式により定義される P_r の値を

$$P_r = 6 \times 10^4 \text{ sec}^{-1}$$

と仮定し、零次の mode の波を考えた場合、電離層の高さに対して 1000km 伝播路における振中の reduction の理論計算の結果は、周波数に対して第 7 図の如くなることが報告されている。

第 7 図 零次 mode の伝播波の受信強度における Reduction 曲線 (Budden 氏による)



ここでは、この曲線を利用するために空電源が 1000 km 附近に相当数存在していたと仮定し、更に 10kc 成分は通常は E 層と大地で形成される導波管内を零次の mode で伝播し、D 領域は管内の単なる減衰器としてのみ作用していると仮定すると、10kc 成分の管内の伝播特性は第 7 図の $h = 100\text{km}$ の reduction 曲線に支配されるから殆んど減衰をうけることなく伝播し、減

衰をあたえるのはD領域の電子密度のみにより決定されると見做される記録を示すのであるが、14日、23日の如き太陽の強烈な爆発はD領域の電子密度を急激に而も著るしく増大させ、E層のそれに近いものに迄したと仮定すると、管内の伝播特性は $h = 50\text{km}$ の reduction 曲線に近い特性で支配されることになり、cut off frequency の変動により顕著な減衰をうけることになり、従つて Fade out を生ずることとなる。この場合理論計算によると 20kc 附近の周波数成分も或程度の減衰が生ずるという結果が示されているが、之は実際の観測結果と一致せず理論式に補正の必要が認められる。

かかる現象から考えられることは、長波帯の電波伝播様式は 10~20kc の間に転移点が存在し、この点より低い方の周波数では導波管内の伝播として、高い方の周波数では電離層伝播として取扱うのが妥当らしいという証拠をあたえる現象と見做され興味深いものであり、之が解決は将来の問題である。

V. あとがき

測定機の整備により之迄の観測結果に対して種々補足すべき結果を得たので、調査した範囲内について述

べ、更に S. A. E. 現象に関して相当数の記録を得たので簡単に報告し、特に 10kc 成分において S. A. E. 時に現われた Fade out に関していささか解説をこころみた次第である。未だ今後に残された問題も多く稿を追つて発表して行きたいと考えている。

VI. 謝 辞

この研究に絶えず御好意と御鞭達をいただいている文部省の関係方面並に金原所長に深く謝意を表すると共に、絶えず太陽電波強度の資料を提供して下さつてゐる当所太陽電波研究室の御好意を多とする次第です。

参 考 文 献

- (1) K. G. Budden : Philosophical. Mag. 42. No. 325 Jan. 1951
- (2) F. F. Gardner : Philoso. Mag. 1950
- (3) H. R. Mimms : Rev. Mod. Phys. 9, 1. 1937
- (4) 鎌田, 中島, 空研報 3, 1-2. Dec. 1952
- (5) 鎌田, 中島, 空研報 4, 2. Dec. 1953
- (6) 鎌田, 中島, 熊谷, 空研報 5, 1. Jul. 1954