

# ● 講演

## 会長就任あいさつ

岡村 總 吾

岡村總吾：正員 東京大学工学部

The President's Inaugural Address. By Sogo OKAMURA, Member (Faculty of Engineering, University of Tokyo, Tokyo).

資料番号：昭 46-93 [講演-5] 昭和 46 年 5 月 15 日の本会通常総会における講演要旨

### 1. はじめに

私はこのたび、思いがけなく、会員の皆様のご推挙により本会の会長に就任することになりました。これは私にとって誠に身にあまる光栄でございます。

ご承知のように、わが電子通信学会は大正 6 年 5 月、電信電話学会の名のもとに創立されてから、今年で 54 年を迎え、約 2 万 5 千の会員を有する大学会であります。このような学会の会長として、私のような浅学菲才でかつ若輩のものが、その大任を果たしうるかどうか、誠に心もとなく存じております。今後会員の皆様のご指導、ご鞭撻、学会の役員および職員の方々のご支援、ご協力により本学会の発展のため、できる限りの努力をいたしたいと存じております。

定款によりますと、本学会の目的は「電子工学および電気通信に関する学問、技術および関連事業の振興に寄与すること」となっております。このような目的を果たすためには、多くの会員が本会の事業に積極的に関与できるようにすることが必要であると存じます。特に電子工学や電気通信に関する学問は非常に進歩の早い学問でありますので、本会の会員の方々も、若い研究者、技術者が大勢を占めておられ、これらの若い会員の方々、さらにできれば若い技術者、研究者の卵である学生諸君らにも、本会の活動に関心を持って

らうことが、学会の将来の発展にとって重要であると存じます。幸いにして、本学会では歴代役員の方々の非常なご努力により、

- 1) 多数の会員に最も関係の深い会誌の改善に非常な努力をはらってきたこと。
- 2) 早くから技術委員会の研究会を全会員に開放して、若い研究者が活発に研究を発表し、知識の交換を行なうことができるようになってきたこと。

さらに最近には、

- 3) 学生会を組織して、学生員のためのサービスを行なってきたこと。

などにより、若い会員に魅力のある学会として、躍進的な発展をとげてきたものと存じます。私も今後ますますこの方針にしたがって、本会の発展のために努力いたしたいと存じております。

さて恒例によりまして、電子工学および電気通信に関する学問、技術のうち、私に關係の深い分野について、最近の動向をお話し申し上げたいと存じます。

### 2. 電磁波のスペクトルの開発

図 1 に電磁波の周波数スペクトルを示しました。歴史的にみますと、人類が最初に利用した電磁波のスペクトルは周波数で  $4 \sim 7.5 \times 10^{14}$  Hz、波長で  $400 \sim 750 \text{ m}\mu$  の光波の範囲でありまして、この場合発振源とし

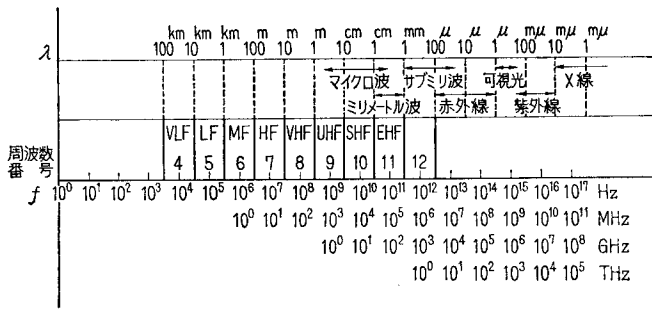


図1 電磁波の周波数スペクトル

では、太陽を用い、検波器としては、人間の眼を利用したわけであり。太陽はご承知のように、表面温度約 6,000°K の温度放射を行なっておりますので、そのスペクトル分布に適合して、人間の眼も、波長 555 mμ に最大感度をもって、前記の波長の範囲に感度をもつようになったものと思われ。その後 1864 年になって J.C. Maxwell が理論的に電磁波の存在を示し、1886 年に H. Hertz が実験によって電磁波の存在を発見しました。Hertz の実験した電磁波は周波数 10<sup>8</sup> Hz 付近のもので、発振源としては火花ギャップを用い、検波器としても火花ギャップを用いました。その後発振器あるいは検波器として、いろいろのものが用いられてきましたが、1904 年に J.A. Fleming によって真空管が発明されて以来、電磁波の発生や検波は非常な進歩を示しました。一般に真空管による電磁波の発生や検波は周波数の低い方が容易でありますから、低い周波数が広く利用されるようになりましたが、電磁波を情報の伝達や処理に利用する場合を考えますと、情報量が増大するにつれて、広い周波数幅を必要とするため、高い周波数の電磁波を開発する必要にせまられました。電磁波と土地はいずれも人類の公共的な資源としてきわめて重要なものと考えられます。この場合土地の面積に相当するのが、電磁波の周波数幅であります。一般に電磁波の周波数が高くなると、発生や検波が困難になり、また伝送特性が劣化しますが、周波数幅を広くとることができます。したがって高い周波数の電磁波は未開の土地に相当するわけでありまして、高い周波数の電磁波の発振器や検波器を開発することは、未開の土地を開発することにまさるとも劣らない重要な資源の獲得であると存じます。このような電波資源の獲得に幾多の努力がはられた結果、図1に示すマイクロ波、ミリメートル波、サブミリメートル波、あるいはさらに赤

外線や光波の領域に至るまで、電子工学的な利用が可能になって参りました。つぎに、主としてミリメートル波、サブミリメートル波を中心として、発振器および検波器について簡単に現状を展望してみたいと思います。

### 3. ミリメートル波、サブミリメートル波の発振器および検波器<sup>(1)~(3)</sup>

図2、図3および図4にミリメートル波帯真空管の例として、反射形クライストロン、進行波管および後進波管を示しました。このうち図2に示す反射形クライストロンは 150 GHz 程度までの低電力電源として、使いやすく、利用価値の多いものと思われ。図3に示す進行波管は広帯域増幅に特徴がありますが、ミリメートル波帯でかなり大きい連続出力を発生しうるものが開発されていることが注目されます。図4に示す後進波管はビーム電圧を変化して、広い範囲に周波数を調節できる特徴がありますが、また非常に短い波長の電磁波を発生できるもので、たとえば図5に示す CO-03 では周波数 870 GHz、波長 345 μ で約 1 m W の連続出力が得られています。

つぎに、最近では半導体を利用した固体発振器が進歩して、ミリメートル波領域においても十分実用になるようになりました。また半導体ダイオードを用いた周波数乗倍器の性能も向上しましたので、これらの素子を用いて、固体素子のみで、サブミリ波の領域まで発生することができるようになりました。このような固体素子は、素子そのものが小形である上に、所要の電源電圧がきわめて低いので、高圧電源の必要な真空

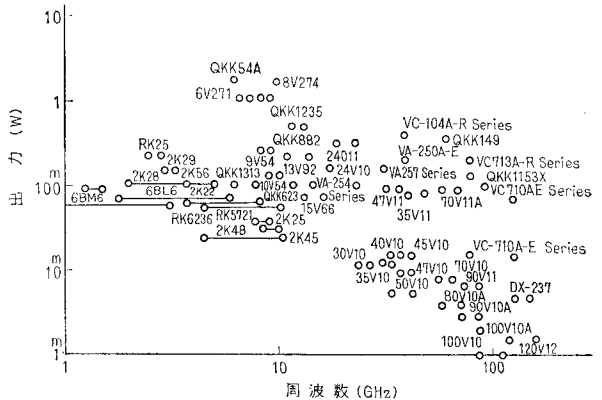


図2 反射形クライストロン

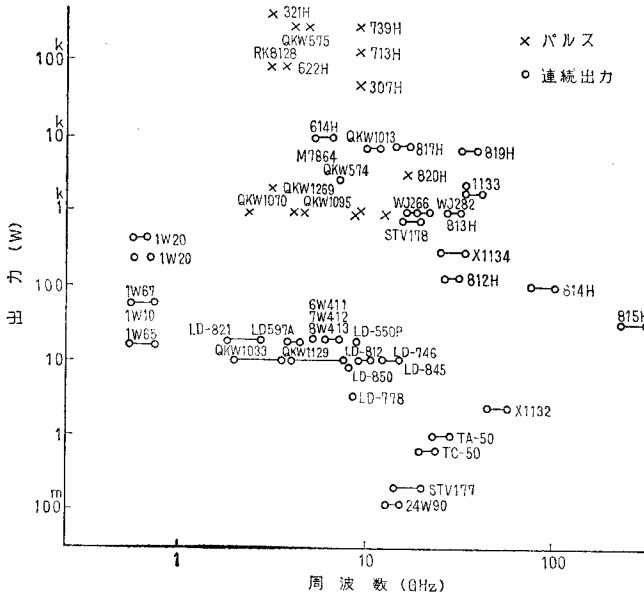


図3 進行波管

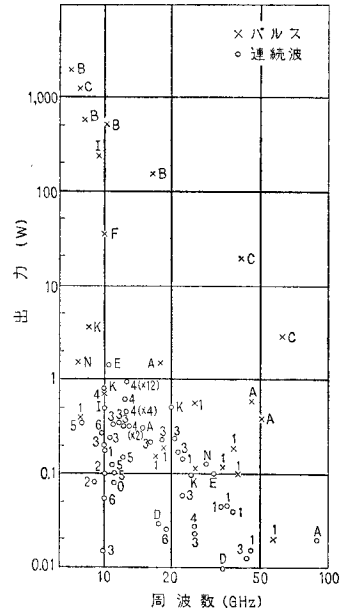


図5 ガンダイオード

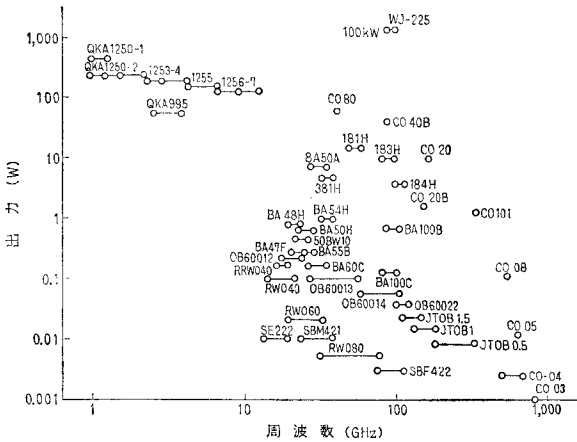


図4 後進波管

管の装置に比して、電源を含めた全体の装置がきわめて小形軽量となりました。したがって、これら固体素子の出現により、いろいろ新しい応用が開けております。図5および図6はその一例としてガンダイオードおよび IMPATT ダイオードを用いた発振器を示したもので、また図7は半導体ダイオードを用いた周波数通倍器の例であります。図中数字で示したのは国内の機関で開発されたもので、アルファベットで示したのは外国の機関から発表されたものであります。

さらにレーザーによりコヒーレントな光波帯の電磁波を発生しうすることは、よく知られておりますが、最近

では各種の物質を利用することにより、レーザーを用いて赤外線やサブミリ波帯にわたって、いろいろの波長の電磁波を発生しうようになりました。図8にその一例を示していますが、たとえば HCN を用いて  $337\mu$  の発生することは有名で、また  $\text{CH}_3\text{F}$  を  $\text{CO}_2$  の Q スイッチレーザー (波長  $9.5\mu$ ) でポンピングして  $496\mu$  でパルス出力  $0.1\text{W}$  が得られたという報告もあります。このように後進波管とレーザーにより、電波と光波とは完全に重なって発生しうようになりました。

つぎに、検波器については、ミリメートル波帯では半導体ダイオードの検波器や混合器がもっぱら用いられております。サブミリメートル波から赤外線の領域の検波器についても、いろいろ新しい研究が行なわれておりますが、まだ十分の性能のものは得られておらず、今後の研究が期待されます。ただ周波数が非常に高くなりますと、量子雑音の影響が大きくなり、たとえば光波帯では量子雑音により等価雑音温度が  $5 \times 10^4\text{K}$  に達しますから、この問題には本質的な困難があるように思われます。

#### 4. ミリメートル波の大気伝搬<sup>(4)~(7)</sup>

ミリメートル波の通信への応用としては、低損失導

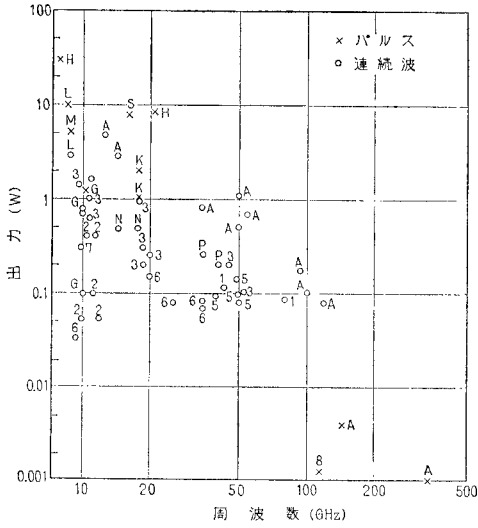


図6 IMPATT ダイオード

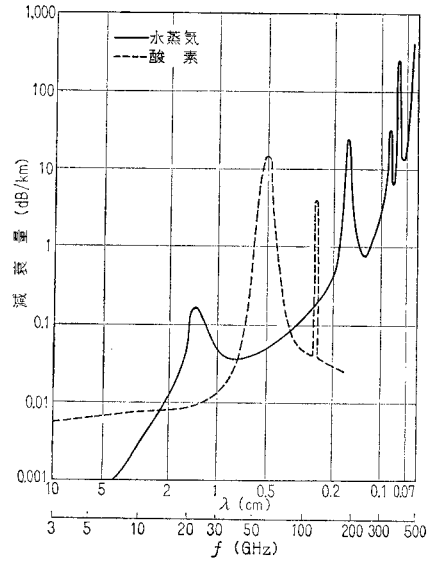


図9 大気中の水蒸気および酸素によるミリメートル波の減衰

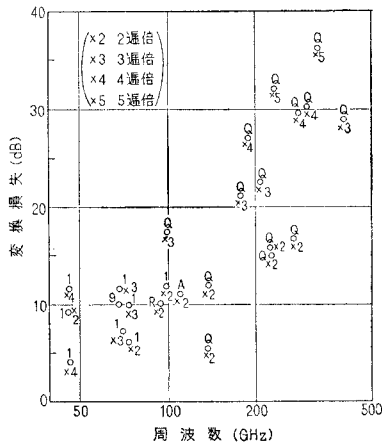


図7 半導体ダイオードを用いた周波数倍倍器

波管を利用したものが考えられ、電電公社を中心として着々研究開発が進められておりますが、前に申しあげましたような装置の小形軽量化に伴い、大気伝搬を利用する応用もいろいろ考えられると思いますので、以下ミリメートル波の大気伝搬について申し上げます。

図9に大気中の水蒸気および酸素の吸収による減衰の周波数特性を示しました。このようにミリメートル波およびサブミリメートル波では、特定の周波数で大きい減衰を示します。しかしこの場合適当な周波数を選ぶことにより、ガス吸収の影響をさけることができます。ところが雨が降りますと、電磁波がその水滴により、散乱、吸収をうけるため、ミリメートル波帯以上の高い周波数では大きい減衰をうけます。しかもこの減衰はある程度以上高い周波数では、特定の周波数を選ぶことによりさけることはできません。

雨によるミリメートル波の大気減衰については方々で研究が行なわれておりますが、図10は郵政省電波研究所において、35GHzで短距離の伝搬実験を行なった結果であります。なおこの際、水平、垂直両偏波について実験を行なってみますと、水平偏波の方が垂直偏波よりもやや減衰が大きいことがわかります。その実験結果を図11に示しました。これは雨滴が球形ではなく、やや偏

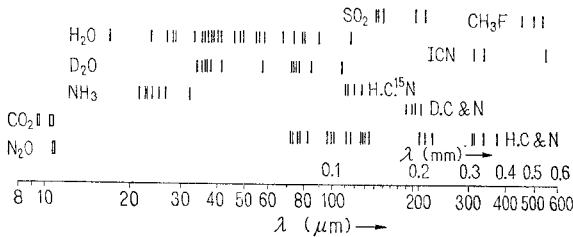


図8 赤外線およびサブミリメートル波帯のレーザ

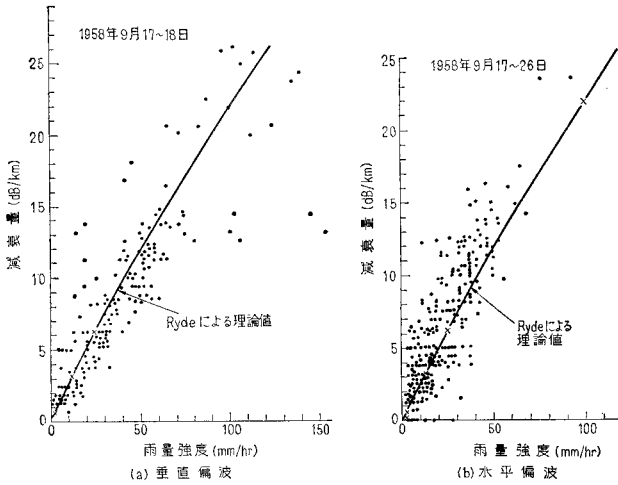


図 10 400 m の伝搬路における 35 GHz の減衰量と雨量強度との関係

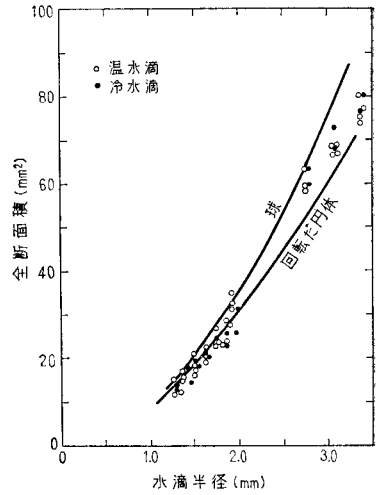


図 12 60 GHz における水滴の全断面積

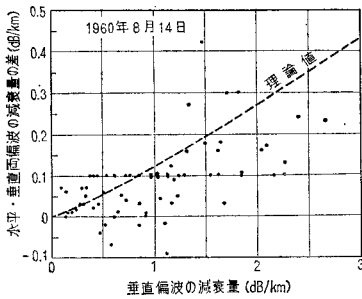


図 11 水平、垂直両偏波の減衰量の差と垂直偏波減衰量の関係

平な形をしているからであります。雨による減衰を理論的に求めるには、まずいろいろの半径の水滴の全断面積を求め、これを各雨量強度についての雨滴の粒径分布を用いて加え合わせる方法が用いられております。図 12 に 60 GHz における水滴の全断面積を実験により求め、これを理論値と比較した結果を示しました。また図 13 は各種の雨量強度における雨滴の半径分布を示したものであります。またさきほど申し上げましたように、雨滴の本当の形は球ではありませんので、これを回転だ円体と仮定して、水滴の全断面積を計算し、前に述べた方法で、雨による減衰量を求めた一例を図 14 に示しました。この理論結果は、前に申し上げた実験結果とかなりよく一致しております。このような実験をいろいろの周波数で行なうことはなかなか大変ですので、理論計算により広い周波数にわたって、雨による減衰量を求めた結果を図 15 に示しま

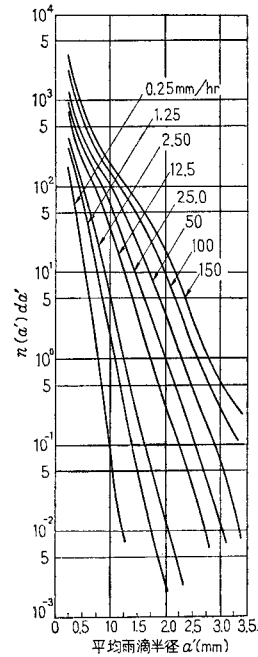


図 13 各種の雨量強度における雨滴の半径分布 (雨滴半径 0.25 mm( $da'$ ) ごとに、その平均雨滴半径  $a'$  に対して  $1 m^3$  内に含まれるその範囲の半径の雨滴の数  $n(a')da'$  を示した)

した。この場合、雨滴は球形であると仮定して計算しております。この図でわかりますように、雨による減衰は 150 GHz 程度以上の周波数になりますと、光波領域に至るまで、あまり変わらない値をもつものと考えられます。ただし、光波領域では、微細な水滴の影

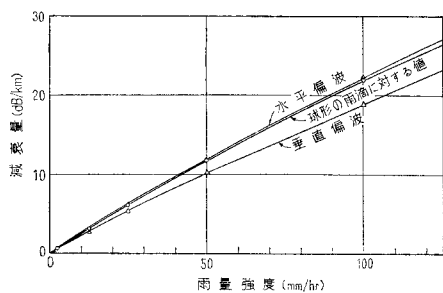


図 14 35 GHz における減衰量の理論値と降雨強度との関係

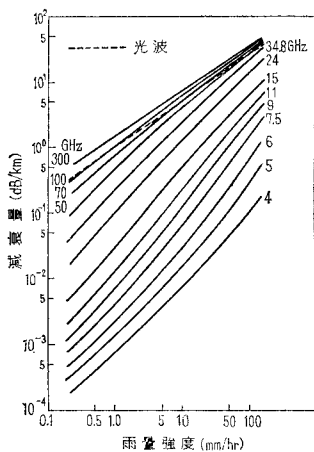


図 15 各種周波数における減衰量と雨量との関係

響を大きくうけますから、霧や雲によって雨よりもはるかに大きい減衰をうけます。

なお衛星通信にミリメートル波や、サブミリメートル波を用いる場合の大気減衰については、大気上層の

雨雲や雨の状態がわかれば、理論計算を行なうことができますし、また太陽を発振源として用いて実験を行なうことができ、もっか各方面で活発に研究がすすめられております。

### 5. む す び

以上はなほだ雑駁なお話で恐縮ですが、ミリメートル波を中心にして、最近の電磁波のスペクトルの開発について展望を行ないました。わが電子通信学会の会員の皆様のご努力により、人類がますます広い電磁波のスペクトルを利用できるよう、この方面の技術の発達をお祈りいたします。

これをもって私のご挨拶を終わります。有難う存じました。

### 文 献

- (1) 岡村：“マイクロ波電子管の現状と将来”，昭 42 信学全大，S3-1.
- (2) F.A. Benson：“Millimetre and submillimetre waves”，Iliffe Books Ltd. (1969).
- (3) J. Fox：“Submillimeter waves”，Polytechnic Press (1971).
- (4) 岡村，船川，宇田，加藤，小口：“8.6 mm 波帯における降雨による減衰の測定”，信学誌，45，6，p. 757 (昭 37-06).
- (5) 船川：“Shadow theorem を用いた 5 mm 波帯における水滴の全断面積の測定”，信学誌，48，8，p. 1440 (昭 40-08).
- (6) 岡村，船川，小口：“短ミリ波帯の伝搬特性”，昭 41 連大 S 7-2.
- (7) T. Oguchi：“Attenuation of electromagnetic wave due to rain with distorted raindrops”，J. of Radio Res. Lab.，11，53，p. 19 (Jan. 1964).

本講演の資料の収集につき、郵政省電波研究所の船川謙司博士、東京大学工学部の田宮寿美子博士その他の方々のお世話になった。厚く感謝する。