

ミリ波によるPCM信号の無線伝送

Radio Transmission of PCM Signals in the Millimeter Wave Region

都木周作* 芳根寛樹* 石井宗典**
 Shūsaku Toki Hiroki Yoshine Sôsuke Ishii

内容梗概

無線通信の分野にPCM方式を導入するに当たって遭遇する問題点を明らかにするため、PCM信号の無線伝送実験を行なった。伝送信号は192ch完全時分割方式の符号パルスである。今回の実験では、まず入力C/N比、周波数偏移量と符号誤り率の関係を測定し、理論的に予想される値と比較した。なお搬送波には波長6mmのミリ波を用いた。

1. 緒言

マイクロ波多重通信は最近めざましい発達をとげてきたが、このような無線通信の分野における今後の大きな課題に、PCM方式の導入とさらに高い周波数帯の開発がある。PCM通信方式は発明以来20数年の間、理想的な通信方式といわれながら永年実用化を見ずに今日に至ったが、近年半導体素子の発達とパルス技術の進歩に伴って、実用化への障害は次第に取除かれ、有線通信あるいは導波管伝送方式ミリ波通信系に対する適用の検討が盛んに行なわれるようになった。PCM方式を無線通信に導入した場合の問題は耐雑音性が高いという長所と1無線システムに広い周波数帯域を必要とする短所をいかに調和させてゆくかにある。われわれは上述の課題を具体化するに際して必要となる資料の取得を目的として50Gc帯におけるPCM信号の無線伝送実験を行なった。この周波数帯を無線通信に用いることは必ずしも適当ではないが、われわれは数年来導波管伝送方式ミリ波通信の研究を50Gc帯において行なっているため、気象条件の影響がきびしいことをも考慮し、今回の実験もこの周波数帯にて行なうこととし、48Gcを利用した。

PCM通信においては符号パルス誤り率が通信の品質を決定する重要な要素である。この符号誤りを生ずる要因として

- (1) 信号対雑音比(S/N比)の低下
- (2) 符号パルス間の干渉
- (3) 他のシステムからの干渉

などがあるが、今回はまずこれらのうち最も基本的なS/N比と符号誤り率の関係を明らかにすることとし、受信機入力レベルならびに周波数偏移に対する符号誤り率の測定を行なった。

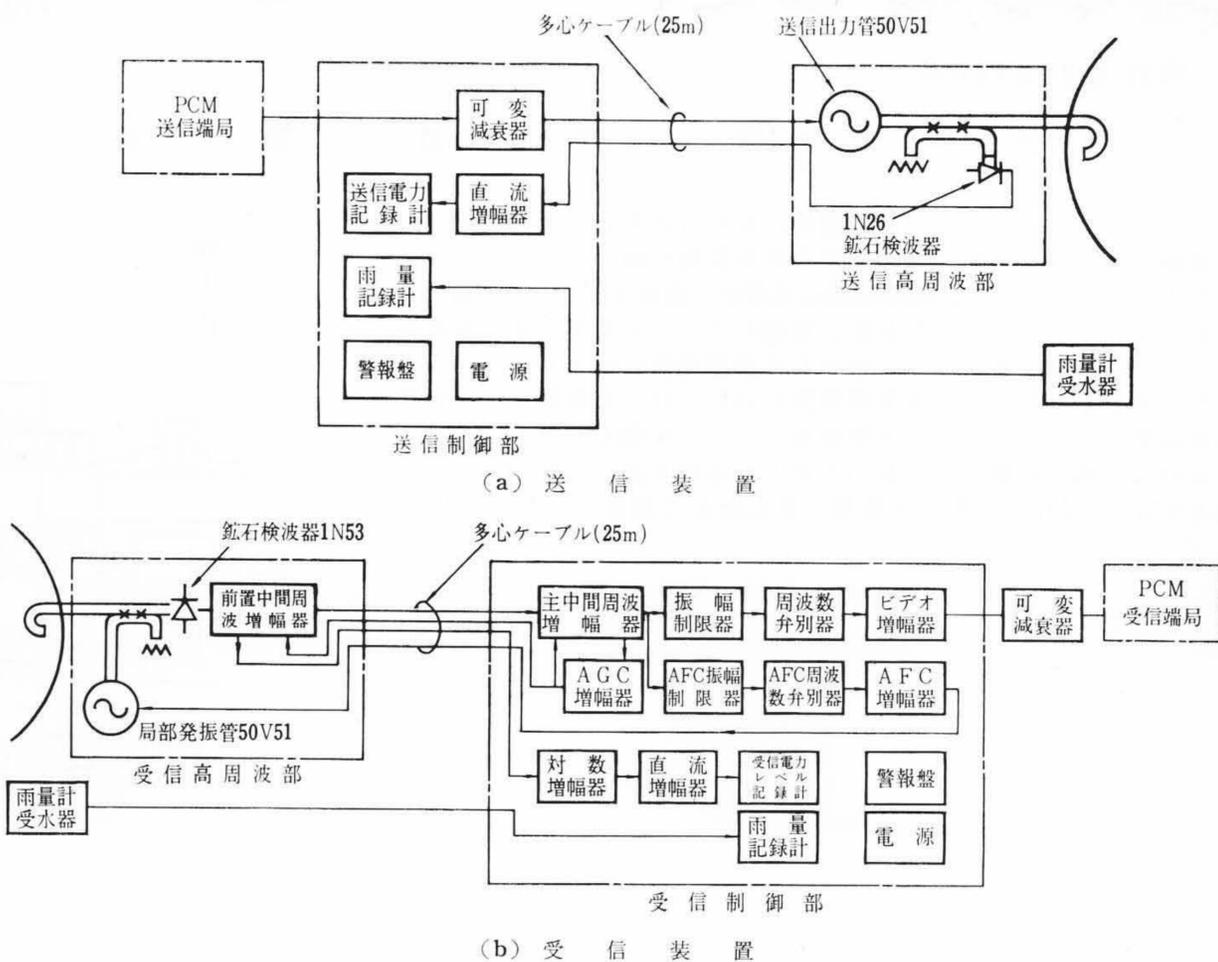
以下使用した装置について説明し、符号誤り率測定結果について述べる。

2. 無線機

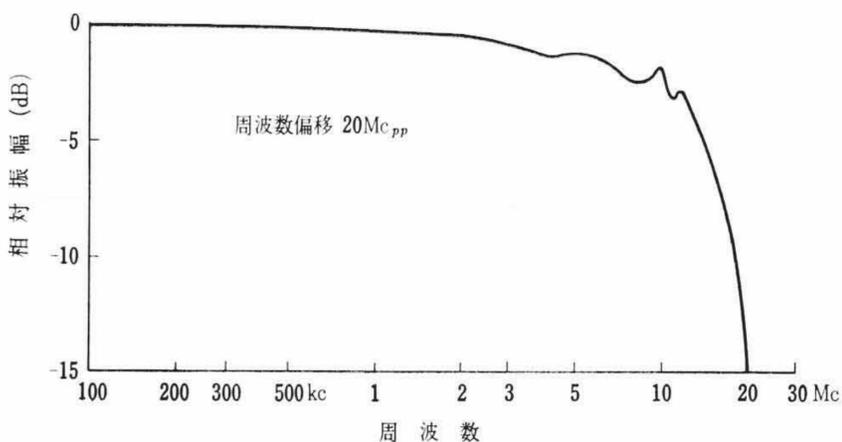
伝送実験に用いた無線機の設計に当たってはできる限り広帯域特

性をもたせ、パルス波形の伝送ひずみを小さくする方針をとった。

第1図は無線機の構成ならびにPCM端局との接続を示す図である。変調形式はPCM-FMであって、PCM端局出力パルスを変調減衰器、同軸ケーブルを介して直接クライストロンのリペラ電極に加え、周波数変調を行なっている。第2図には送・受信機総合周波数特性を、第3図には受信機入力レベルと信号対雑音比の関係を示した。その他の性能は第1表に示した。なお本無線機は降雨強度と減衰量の関係を求めるため送信機出力レベル、受信機入力レベル、



第1図 無線送・受信装置の構成



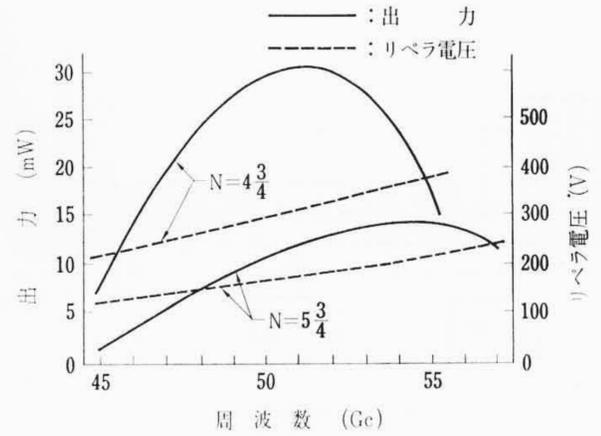
第2図 送・受信機総合周波数特性

* 日立製作所中央研究所

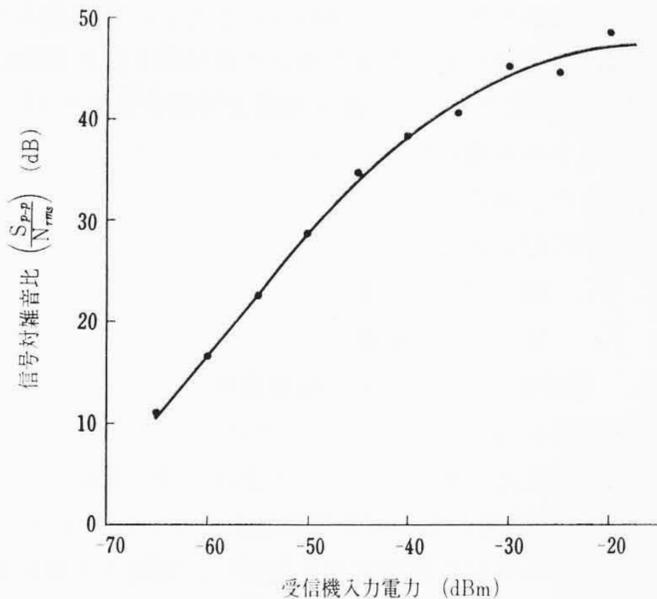
** 日立電子株式会社 工博

第1表 無線機の主要性能

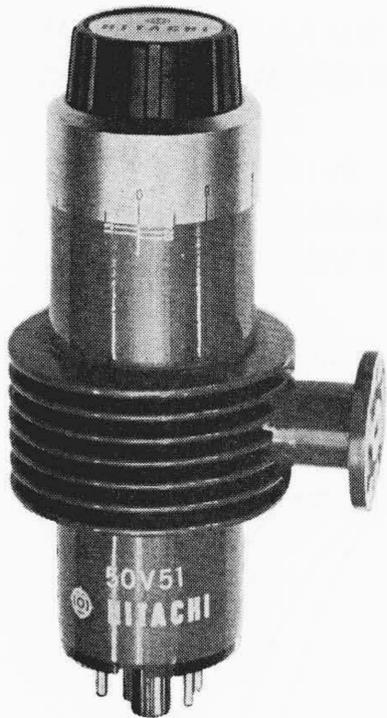
(a) 送信機	
送信周波数	48Gc/s
送信電力	30mW
変調形式	PCM-FM
最大周波数偏移 (P-P)	20Mc/s
空中線	1.05 mφパラボラ
利得	49dB
ビーム幅	±11分
VSWR	1.3
(b) 受信機	
中間周波数	130Mc/s
同上増幅器帯域幅 (3dB 帯域)	± 25Mc/s
ビデオ増幅器帯域幅 (3dB 帯域)	20~15Mc/s
雑音指数	27dB
空中線	送信機と同じ



第5図 50 V 51 の発振特性



第3図 信号対雑音特性



第4図 クライストロン 50V51

雨量を記録する機能を備えている。

送信出力管、局部発振管には日立製作所製低電圧クライストロン 50 V 51 (旧称 V 5051) を用いた。このクライストロンは空胴電圧 600 V で動作するもので、動作電圧が低いことのほか、全発振範囲を単一モードで動作するなどの特長がある。第4図にその外観を、第5図に代表的な特性を示した。

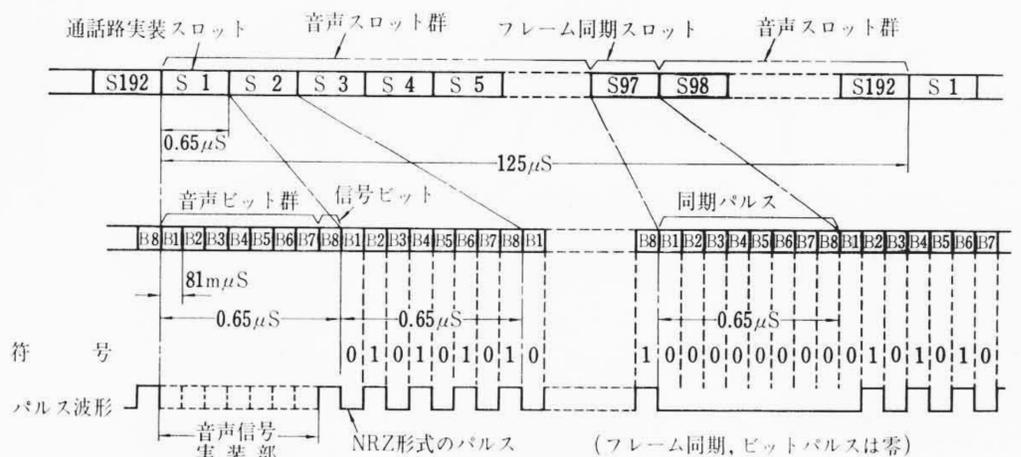
3. PCM 端局

3.1 PCM 端局の概要

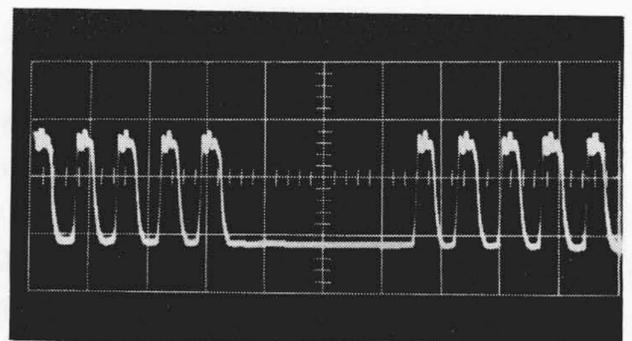
伝送した信号は 192 ch 完全時分割方式の符号パルスで、ビット周波数は 12,288 Mc/s である。符号パルス時間図を第6図に示す。標本化周波数は 8 kc/s、各通話路は 8 ビットの構成 (音声 7 ビット、信号 1 ビット) になっており、パルスは NRZ (Non Return to Zero) 形式のものである。端局実装通話路は 1 ch で、S1 (第1スロット) に收容してある。また S97 はフレーム同期スロットで、ビットパルスは零である。S1, S97 を除いた各スロットでは後述の符号誤り率を測定するために、一定の符号配列 (確定パターン) 0101……としてある。第7図は送信端局出力のパルス波形を示す写真で、フレーム同期スロットの部分、第8図は端局の構成を示したものである。

3.2 符号誤り率の測定法

符号誤り率の測定には次に述べる方法を用いた。すなわち、送信端局のタイミング回路においてさきに述べた 0101……の確定パターンを作製し、音声信号と合成して選出する。受信端局ではこの確定パターンを受信し、これよりタイミング情報を抽出する。このタイミング情報に基づいて、送信端局において作製したパターンと同一のパターンを作製し、これと受信したパターンと比較して、両者の相異 (1 を 0 とした誤りと 0 を 1 とした誤りの和) を検出し、一定時間内の誤り回数をカウンタに数えさせると、符号誤り率 p_r は

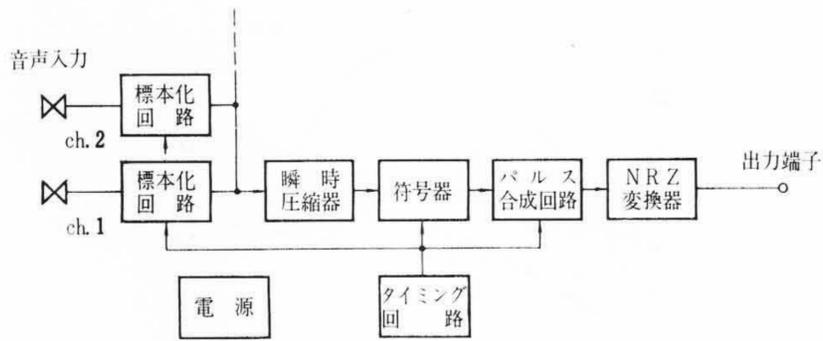


第6図 符号パルス時間図

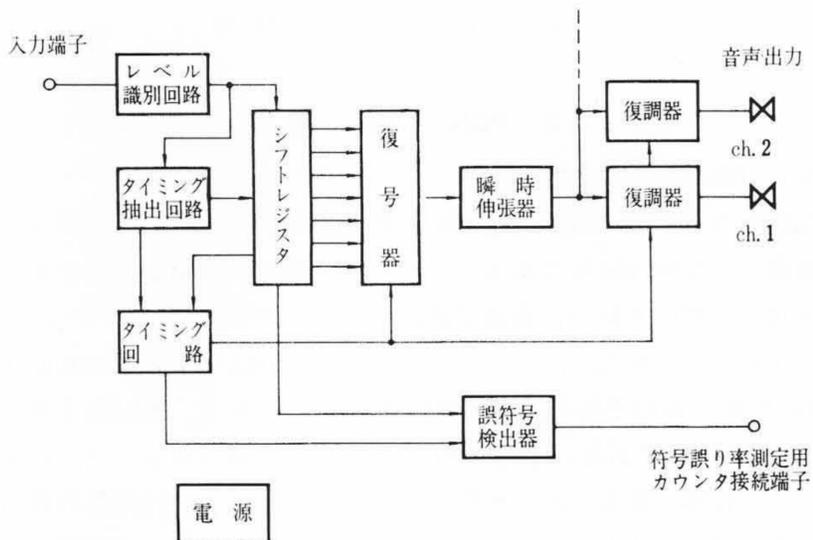


(フレーム同期スロット部分を示す)

第7図 符号パルス波形

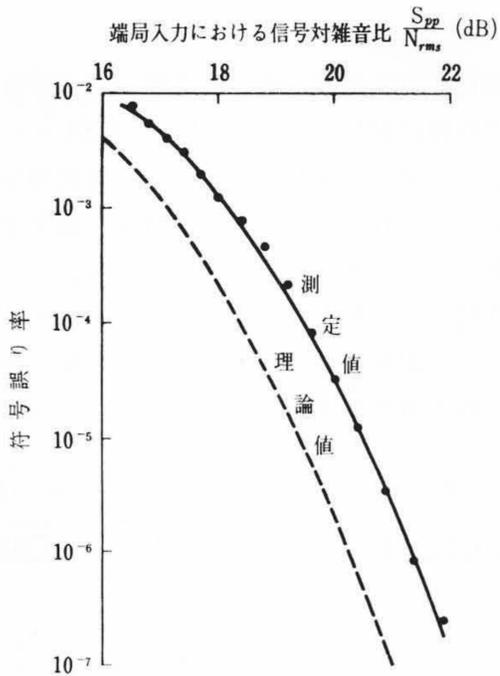


(a) 送信端局



(b) 受信端局

第8図 PCM 端局構成図



第9図 端局入力における S/N 比と符号誤り率

次式から求められる。

$$\begin{aligned} \text{符号誤り率 } p_r &= \frac{1 \text{ 秒間のカウント数}}{1 \text{ 秒間のビット数}} \\ &= \frac{1 \text{ 秒間のカウント数}}{1.2232} \times 10^{-7} \end{aligned}$$

ここで1秒間の総ビット数は標本化周波数 8 kc, 通話路数 192ch, ビット数 8 より 1.2288×10^7 ビットとなるが, 実装通話路の音声 7 ビットはパターン比較の際除外するので, $125 \mu\text{s}$ (8 kc の周期) の間に 7 ビット, すなわち毎秒 $7 \times 8 \times 10^3$ ビットのパルスが除外され, 符号誤り率測定の対象となるパルスは 1.2232×10^7 ビットとなる。

第9図は受信端局自体の入力 S/N 比と符号誤り率の関係を示す特性であって, 受信端局入力に雑音発生器の出力を信号と同時に加え, 受信端局入力端子における S/N 比を変化させたときの符号誤り率を測定した結果である。図の点線は理論値を示すもので, J. E.

Flood の式⁽¹⁾

$$p_r = \frac{1}{\sqrt{3}} e^{-\frac{1}{8} \rho^2} \dots \dots \dots (1)$$

に従った。

ここに, p_r : 符号誤り率

ρ : 信号電圧 (S_{pp}) と r. m. s. 雑音電圧で表わした S/N 比

測定値と理論値は同一誤り率に対して S/N 比約 1 dB の差で, 良く一致している。

4. 搬送波電力対雑音電力比と符号誤り率

さきに述べたように PCM 通信においては符号パルスが誤ることによって伝送信号にひずみ雑音を生ずるので, 符号誤り率は通信品質を評価する重要な要素である。したがって今回の実験に当たっては伝送条件と符号誤り率の関係を求めることとし, 受信機入力レベルならびに周波数偏移を変化させた場合の符号誤り率を測定した。

第10図はその結果であって, 搬送波電力対雑音電力比 (C/N 比) に対する符号誤り率を描いたものである。ここで N としては, 他との比較を容易ならしめるため

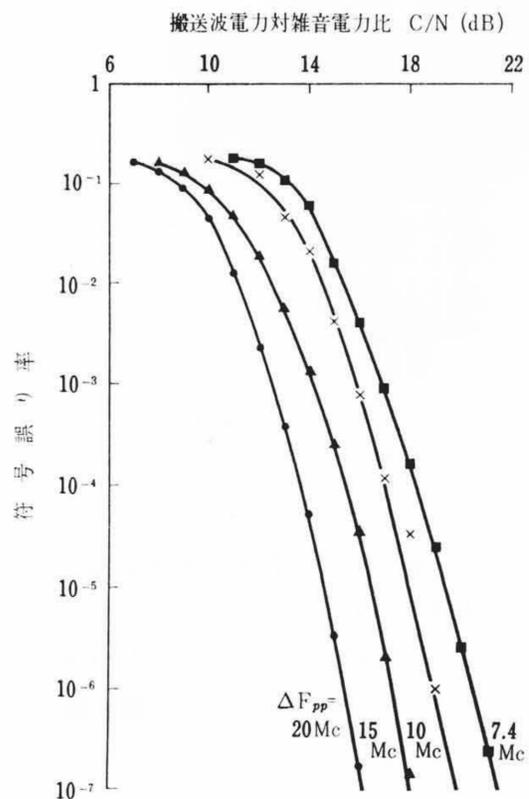
$$N = KT(2f_m)F \dots \dots \dots (2)$$

ここに, F : 雑音指数

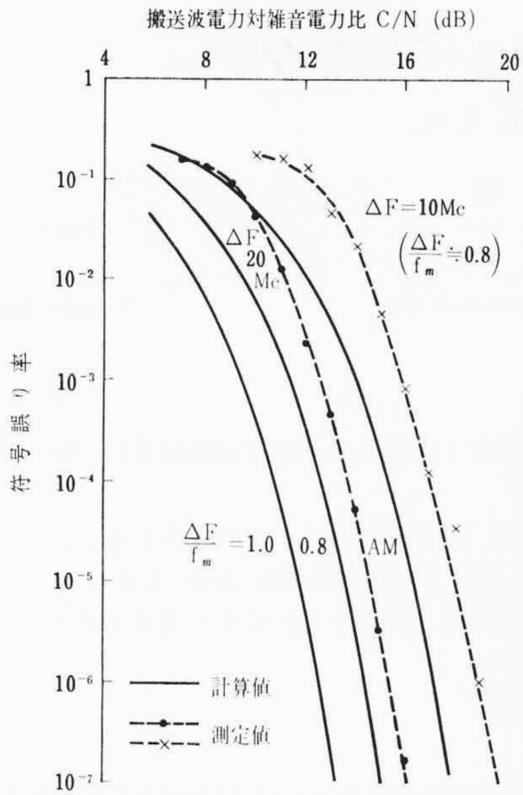
f_m : ビット周波数

すなわち, 帯域幅 f_m なる信号で振幅変調した波を復調したときに現われる雑音量を用いた。パラメータは周波数偏移 (ΔF) である。周波数偏移を変えて測定を行なうときは, 受信端局入力電圧が変化するので, 受信端局入力に可変減衰器をそう入しておき, 周波数偏移を変えたために生じた電圧変化を補償し, 端局入力電圧が常に一定となるよう調整して測定を行なった。図からわかるように, 搬送波レベルが下がるほど符号誤り率が増加し, また周波数偏移を減ずるほど誤り率は増大する傾向にある。このことは符号誤り率が端局入力における S/N 比に依存するものであり, FM の場合の S/N 比が搬送波レベルと周波数偏移の積に比例することから容易に了解することができる。

しかしながら, この点を量的に考察すると周波数偏移量の変化と, 同一誤り率を与える搬送波レベルの変化量が等しくなると期待したが, 搬送波レベルの変化量が小さくなっている。このことは符



第10図 C/N 比対符号誤り率(その1)



第11図 C/N比対符号誤り率(その2)

号誤り率が熱雑音以外の影響を受けているものと考えられる。すなわち、周波数偏移 ΔF の大きい場合は占有周波数帯域が広くなり、中間周波増幅器の帯域が不足する結果、パルス波形がひずみ、符号間干渉によって誤り率が増加するので、S/N比が大きくなっても誤り率が改善されないものと考えられる。また周波数偏移の小さい

場合は誘導によって生じた雑音、電源のハム成分などによって影響されやすくなるものとする。

第11図は周波数変調の場合の符号誤り率をS/N改善度を考慮して求めた結果(計算値)で示したものである。なお参考までに振幅変調の場合の値((1)式)を併記した。図中の点線は第10図の測定値を一部転記したもので、 $\Delta F = 10 \text{ Mc}$ の曲線は $\Delta F/f_m = 0.8$ の計算値と対応するものであるが、同一符号誤り率に対して、C/N比に約4dBの差がある。この差を生じた原因の一つとして、電力レベル、雑音指数の測定誤差が最大約2dBあることも考えられるが、残りの部分については明らかになしえない。

5. 結 言

以上PCM信号の無線伝送実験を行ない、符号誤り率と搬送波電力対雑音電力比の関係を求めた結果について述べた。得られた結果は理論的に期待した値とかなり差があるが、その傾向を明らかにすることができた。この差を生じた原因としては熱雑音以外の外来雑音による障害、伝送特性の影響などが考えられるので、さらに検討を要する。今後の問題としては、符号間干渉のほかPCM方式には他の無線回線から受ける干渉に対して強いという特長が期待されるので、これらについての検討が考えられる。

終わりに今回の実験に従事した中央研究所長田昭平、本田明、北靖洋、中村寿、日立電子株式会社福田昇七、中西正丈らの諸氏に感謝の意を表する次第である。

参 考 文 献

(1) J. E. Flood: P. I. E. E., 109 C, 931 (1958)



特 許 の 紹 介



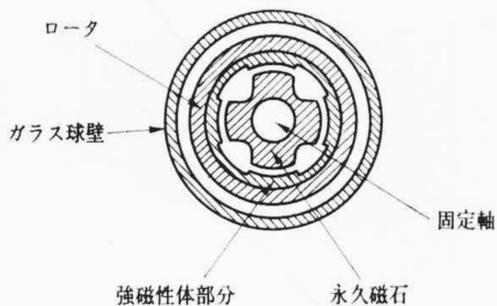
特許第407924号

高野 静 夫

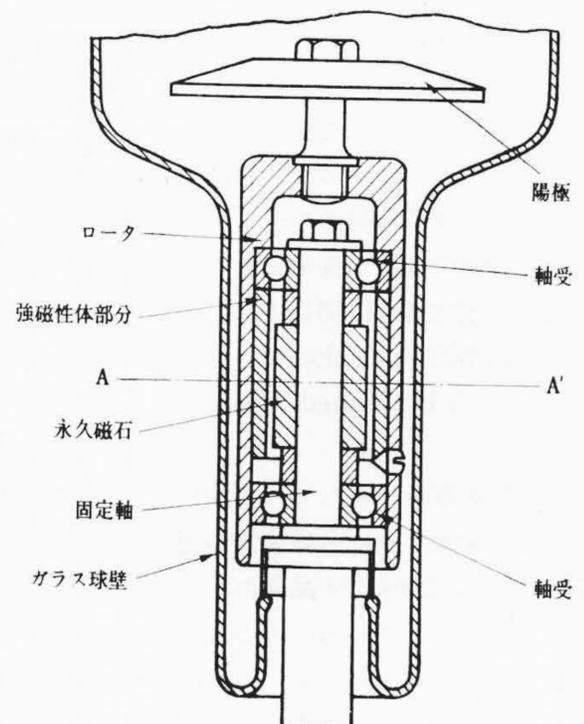
回 転 陽 極 X 線 管

この発明はきわめて有効的にロータのだ性回転を制動して短時間に停止させ、それにより回転寿命回数を格段と大きくすることのできる回転陽極X線管に関するもので、第1図および第2図に示すように、ガラス球に接続された固定部に永久磁石を取付け、それに対向する回転部に鉄、鋼などの強磁性体を取付けるか、またはこれと反対に回転部に永久磁石を取付け、それに対向する固定部に鉄、鋼などの強磁性体を取付けて、永久磁石と磁性体の間に働く磁力により、陽極のだ性回転を制動させてだ性回転時間を短縮させることができるようにしたものである。

この発明によれば、永久磁石を用いることにより制動回路の機構上またはX線管取扱上少しも複雑になることがなく、ロータの制動を実施し得るものである。(福田)



第 1 図



第 2 図