
H S C

Homomorphic Speech Compressor

JH3KXM

Homomorphic
Speech
Compressor

'78 Jan

JHEKXN

Homomorphic Speech Com
pressor の製作

◇CQ誌'76年12月号に、エンベ
ロップ成分抑圧型スピーチ・プロ
セッサが掲載され、私も、興味を
持ち、実験をくりかえしてきまし
た。その間に、このH. J. にも
いくつかの記事がありました。し
かし、いずれも、静特性のみの測
定にとどまり、また、多少の誤解
がある様なので、私の見解を、述
べようと思います。さらに、諸O
M方からの、御批判および、御指
導を、仰ぎたいと思います。

◇まず、名称ですが、「異体同形
」と訳されてゐる様に、回路構成
などは、全く異質のものだが、コ
ンプレッサと同じ動作を行なうも
のという意味です。したがって、
Homomorphic Speech Processor

5

10

15

では、けしてなく、Homomorphic
Speech Compressor (以下、H
SCと略す) という名の、Speech
Processor であるという事で
す。

◇はじめに、試作段階で、まず、
驚いたのが、50dBもの、抑圧比で
した。そして、各部の波形を、今
エックし、レベルを合わせ、いよ
いよ、試作機で、実際に電波を、
出してみたところ、ローカル局か
ら、ガサガサするというリポート
を、もらいました。波形測定時に
は、その様な歪は、なかったはず
だが、と思い、いろいろ、実験を
重ねていくうち、おもしろい事に
気が付き、さらに、コンプレッサ
ーの、理想的な、2つのタイプに
ついて、考えた結果、このHSC
が、インベロープ抑圧型であるの

(一)などは「マス」字、欧文小文字、数字は「マス」字、欧文大文字、
ボルト、オーム、ワットなど単位は、それぞれV、Ω、Fなどの標準記号でおねがいします。

に対し、ピーク抑圧型のものを、
加え、この2つを、使い分けるの
が、良いという結論に至りました。
以下順を追って説明します。

◇ 原典の回路の動作.

第1図(a)が音声信号 S であると
すると、これは、エンベロープ成
分 E (低い周波数成分および直流
) と、音声キャリア成分 V (高い
周波数成分) に分けて考え、音声
信号は、音声キャリア成分と、エ
ンベロープ成分の積となっている
ので、
$$S = E \times V \quad \text{--- ①}$$

と表わされます。この E と、 V が、
いくら、周波数成分が違っても
言っても、積の形になっているの
で、フィルタで、 E 成分のみを、
取除くことが、できません。それ
で、①式の両辺の対数をとって、

$$\log S = \log E + \log V \quad \text{--- ②}$$

として、和の形にしておいて、フ
イルタにより、 $\log E$ の成分を取
り除き、得られたものを、 $\log S_0$
とすると、

$$\log S_0 = \log V \text{ ————— } \textcircled{3}$$

となり、この両辺の指数をとれば、

$$S_0 = V \text{ ————— } \textcircled{4}$$

となり、この処理で得られた S_0
は、エンゲローフ成分が除かれた
 S 、つまり、 V のみが得られると
いうものです。

しかし、これらの式は、概念的
には、これで良いのですが、数学
的には、少しおかしいのです。そ
れは、 S というのは、正、負、い
ずれの値も、とり得るからです。

つまり、②式の S は、 $|S|$ とし
なければ、正しくないので。そ
うすると、前述の式は、次の様に
書き直さねばなりません。

S の絶対値
 $|S|$
以下同様。

ボルト、オーム、ワットなど単位は、それぞれV、Ω、Fなどの標準単位でおねがいします。

$$S = E \times V \quad \text{---} \quad (1)$$

$$|S| = |E \times V|$$

$$= |E| \times |V| \quad \text{---} \quad (1')$$

$$\log |S| = \log |E| + \log |V| \quad \text{---} \quad (2')$$

$\log |E|$ を除く。

$$\log |S_0| = \log |V| \quad \text{---} \quad (3')$$

$$|S_0| = |V| \quad \text{---} \quad (4')$$

この様に、 $|V|$ は得られても、

V は得られません。そこで、入力

S の符号と V の符号が、一致して

いるものとして、入力 S の、正負

に従って、 $|V|$ に符号を付ける

と、 V が得られるのです。ここで

上の式からは、 S と V の符号が、

一致しているとは、限らないので

すが、 E に直流成分を含んでいて、

第1図(乙)の様に、常に正とな

っていると仮定すれば、 S と V の

符号は、一致します。

次に、原典の回路(CQ誌'76

12月号、または、HJ, No. 9)

に、上式が、どの様に対応しているかを、述べます。

1. U_1 は、入力信号 S を、増幅する。

2. U_4, U_5 で、両波整流し、 $|S|$ とする。①式

3. U_6, U_7 の対数アンプで、 $\log |S|$ とする。②式

4. U_8 のHPFで、 $\log |E|$ を除去する。③式

5. U_9, U_{10} の指数アンプで、 $\log |V|$ を $|V|$ にする。④式

6. U_2 で、入力 S の符号を、検出し、 U_{14} によって、 $|V|$ との積を作り、 V とする。

7. この積で作られた V は、 $U_7 \sim U_{10}$ のスルーレイトに制限されるなどして、波形がなまり、0付近で、連続しないので、 U_{12}

ボルト、オーム、ファラドなど単位は、それぞれV、Ω、Fなどの標準記号で表わす。
（一）などは「マス」一文字、欧文小文字、数字は「マス」一文字、欧文大文字は「マス」一文字です。
（二）おねがいします。

のLPFで、波形を、きれいにす
る。また、このLPFは、ノイズ
ブランクの信号をも、除いている。

8. S が 0 に近くなると、 $\log$
 $|S|$ は、 $-\infty$ に近づくので、そ
れを、抑えるため、 U_3 のノイズ
ブランク信号を付加する。

以上の説明の中で、入出力が、
反転しているところもあります。

これらから、掛算器 U_{14} は、合
成動作などしなくて、ただ、入力
信号の正負によって、単に、符号
を切換えているにすぎない事に、
気が付かれた方もいると思います。
そうです、この部分は、高価な、

掛算器を使わずとも、第2図の様
な、符号切換器に、置換える事が
できるので。この回路について
は、文献3など、トラ技に、何度
となく、紹介されていますので、

$21+2$ [illegible]

これも、符号切換器に置換える事ができます。それによって、OPアンプが、1個減ります。

この2つの事を、要約すると、入力電圧が正の時は、そのまま、対数アンプ、HPF、指数アンプを通し、LPFへ接続し、入力電圧が負の時は、反転して、正としておいてから、同じ処理をして、再び反転して、負とし、LPFへ接続するという事です。(第3図)この事を考慮し、さらに、修正したのが、第4図の回路です。

◇第4図の説明

1. 入力信号は、 A_1 で増幅されますが、原典と、少し違います。150 Ω に直列に 10 μF を入れた結果、直流的に、100%の負帰還がかかり、動作が安定し、ユニバーサル基板にも組む事ができます。

さらに、出力オフセットは、原典では、入力オフセット電圧の、ゲイン倍となり、最大で、何と、約700倍にもなります、しかし、このコンデンサによって、入力オフセットの1倍と、小さくなります。そのため、出力側のコンデンサを省略する事ができ、このリアクタンスによる、次段への影響も、小さくなります。

2. A_{11} は、コンパレータで、入力が、正の時、0V、負の時は15Vを出力します。これには、それにつながる、アナログSW、4066のための、レベルシフトと、高速性から、C-MOSのOPアンプである、CA3130Tを、単電源で、動作させています。

3. A_2 は、前述の符号切換器です。

4. A_3, A_4 は、対数アンプです。原典では、ダイオードを使って、簡単にしておりますが、ここでは厳密を期するためと、温度補償のために、デュアルTrを使った、本格的な回路にしました。

5. A_5 は、原典通りの、 $f_c = 51\text{Hz}$ の2次バターワースHPFです。

6. A_6, A_7 は、指数アンプで、やはり、デュアルTrを使っています。

7. A_8 も前述の符号切換器です。

8. A_9 は、原典通りの、 $f_c = 2.5\text{kHz}$ 、通過域リップル0.5dBの、3次チェビシェフLPFです。

9. A_{10} は、モータアンプです。

10. ノイズ・ブランカー信号用

発振器は、4066の半分が、余っているのので、それを使って、マルチバイブレーターを作っています。この周波数は、15kHzくらいです。

11. 使ったOPアンプは、A₁₁以外は、すべて4558を使いました。それは、スルー・レートが、741の倍であり、また、ローノイズで、しかも、実装密度が、高くなる、デュアル・タイプであったからです。値段も、200円くらいと、手ごろです。これによって、IC数は、7個と、原典の半分となり、コンパクトに組めます。

◇この第4図の回路で、試作第1号を、作ってみました。(写真1~4)モニターで、聞いた感じでは、パルス性のノイズが入っても、ゲインが死んでしまわないし、

大きな声にも、即座に応答し、うまく、コンプレッションが、かかっている様に思えたので、さっそく、実際に運用してみました。音には、うるさい、ローカル局のJH3HYS 松波氏にリポートをもらったところ、確かに、変調レベルは、上がっているが、少しがさがさして、聞きづらい。この事でした。59オーバーの、ローカル局だから、しかたないと思いつつ、始めから、考え直してみました。その結果、この事は、この回路に、原理的に時定数というものが、存在しないために起ったのではないか、という結論が得られました。つまり、ファースト・アタック、ファースト・リリースというわけですね。だから、声が入ると、すかさず、(等価的に)ゲインが、

下り、コンプレッションされますが、声のとぎれると、やはり、即座に、ゲインが上り、ノイズが、浮き上がってきて、声と、ノイズの、かけ合いの様になってしまうのです、これが、ガサガサするという原因の様です。この事は、入カヤ、NBのレベル調整によって、軽減する事が、できますが、コンプレッション効果も、薄れ、本質的に、のがれる事は、できません。

この事について、詳しく、調べるため、いくつかの実験を行い、今までの、コンプレッサとの、違いなども、調べてみる事にしました。

◇従来のコンプレッサとの比較

この実験で、使用した、従来のコンプレッサは、JH3HYS
松波化の製作によるもので、CQ

誌、'72 8月号の記事のものと、
同じだそうです。これを、HSC
に対して、CSC (Conventional
Speech Compressor) と略
しておきます。また、この試作第
1号機の方は、エンベロープの意
味のEをサフィックスに付けて、
HSC-Eとしておきます。

まず、この2つの静特性を、第
5図と第6図に示します。ここで
注意すべきは、第6図(a)の、
抑圧比です、優に50 dB あります。
第5図(b)の、コンプレッ
ションが、かか、た状態で、低域
に、ピークができていますが、こ
れは、フィード・バック回路での
整流回路の、リップル分が、正帰
還してきているものと思われます。
また、第6図(b)で、コンプレ
ッションが、かか、た状態で、50

0 Hz 以下で、歪が発生していますが、これは、HPF のためです。これらの相違は、あるものの、この図からは、決定的な、違いは、よくわかりません。

そこで、次に、動特性、つまり、先ほどの応答性を調べるために、第7図の回路で、実験を試みました。これは、入力レベルを、ステップ状に、20 dB、40 dB 変化させた時に、出力が、どうなるかを、調べたものです。写真5が、それですが、(a)(b)を見ると、直流レベルが変動しているのと、リリースタイムが、1秒ほど、あるのが、よくわかります。それにくらべ、HSC-E の場合は、直流レベルの変動は全くなく、リリースタイムも全くないのが、わかります。この写真では、わか

りにくいのですが、入力が増加したとたんに出力に、細いパルスが出ていたので、第8図の様にしてみました。これは、一種の、トーン・バーストです。(完全に0にならないで、少しもれている。)
この波形が、写真6です。レベル変化が、大きいほど、このパルスの振幅が大きくなっているのが、わかると思います。これは、なぜ生じるのでしょうか。次に、それを調べるため、内部の波形を、見てみました。それが、写真7の、(a) ~ (e) です。これは、それぞれ、第3図の、D ~ G に、対応しています。これを見ると、パルスは、HPFの、過渡応答成分によつて、生じたレベル変化が、指数アンプによつて、拡大されて生じたものである事が、わかると

思います。音声では、この様な、
ステップ変化は、あまりないと、
思われますので、理論に出てきた、
 $E \times V$ の波形を入れてみる事にし
ました。第9図の様に、 E として、
10 Hz の正弦波、 V として、1 kHz
の正弦波としてみました。これ
によると、 $E > 0$ の時は、 V のみ
が、出てきます。(写真8-a) し
かし、 E が、負にもなる様な場合
には、0 交差するため、第3図の
 E 点で、この E 成分の完全な除去
ができなくな、てしまい、出力に
は、細いパルスとな、て現れます。
(写真8-b) これは、第10図の様
に、絶対値アンプの出力は、高調
波成分だけとなり、対数アンプを
通すと、その高調波成分が強くな
ります。そのため第11図の様に、
 E と V が、オーバーラップしてし

カケル

まい、HPFで、E成分だけを、
除く事は、そう簡単に、できない
からなのです。

また、このフーリエ級数展開の
計算の際に、入力正弦波の振幅は、
対数アンプの出力の高調波成分に
は関係しなくて、ただ、直流レベ
ルにのみに、関係する事がわかり
ます。つまり、対数アンプの出力
波形は、入力の振幅を変化させた
ところで、波形は、全く変化せず
その直流レベルが、変動するだけ
だということです。だから、振幅
を一定にしようとするれば、この直
流レベルを、一定にしてから、指
数アンプに通せばよいことになり
ます。原典のHPFは、ほぼこの
目的を、果している事も理解でき
ます。しかし、HPFでは、過渡
応答成分があるため、この変動が、

出力には、大きな変化を、及ぼすことになるのです。これは、ステップ変化に限りません。つまり、音声の振幅は、ほぼ一定になりますが、大きなレベルになることもしばしばあるという事です。したがって、この使用に当たっては、終段の飽和を考慮し、ALCの監視が必要となります。

◇マイクコンプレッサに要求される特性として、大きく分けて、

タイプ1

限られた電力範囲内で、より能率の良い情報伝達を行なおうとするものです。

タイプ2

マイクと口の間隔が変化したり、音の大きさが変化しても、常に、一定の出力を得ようとするものです。

の2つがあると思います。今まで述べてきた、HSC-Eは、どうも、このタイプ1を目指したものと思われます。私としては、タイプ2の方を望んでいたのですが、このHSC-Eに手を加えてみる事にしました。

前述の、直流レベルを一定にする方法として、ピークを、とらえる方法があります。それが、第12図のレストアラ^③ーです。これは、下限を、強制的に、GNDレベルにしてしまうものです。これを、HPFの代りに入れると、いったい、どういう動作を、するのでしょうか。(対数アンプの出力は、反転しているのので、下側が、ピークに相当する) 入力レベルが、急にも、波形の1/4サイクルで、追従動作を行ない、その後の

波形は、レベル変化の前と同じピークの波形となるでしょう。しかし、レベルが下ったときは、追従動作はしないので、抵抗を付けて、コンデンサの電荷を放電して、次のピークに備えます。これが、リリースの時間定数となります。また指数アンプの入力の関係から、レベルシフトを入力で行ない、バッファを付けました。それを、第13図に示します。従来のコンプレッサー（フィード・バックおよび、フィード・フォワード）は、信号回路と、振幅制御回路とを、分けていますが、この付加した回路は、それらを同時に処理してしまうので、やはり、HSCと呼ぶ事が、できるでしょう。今度のは、ピークを抑圧するので、HSC-Pと名づけておきます。また、この、

同時処理のため、従来問題となっていた、アタックタイムは、非常に、小さくなっています。それが、写真9です。写真5と比べて見てください。入力が、急に大きくなっても、一定の出力が、レベル変動なしで、きれいに出ています。さらに、時定数が、同じくらいなのに、回復が速い点に注意してください。バツファの出力は、写真10の様に变化していきるので、出力は、ほぼ直線的にレベルが上昇していきからです。また、この時定数は、ほぼ0から、4秒くらいまで変えられます。ただし、この値は、20 dB変化の場合で、入力のレベル変化によって、時定数も、変わってきます。また、第9図の回路で、出力は、写真12のようになります。写真8と比べると、このHS

C-Pの特長がよく表われている
と思います。平均変調度は、さほ
ど、上っていません。しかし、コ
ンプレッション作用は、第14図の
様に、HSC-Eと、変わりあり
ません。さらに、低域での歪は、
全くありませんし、ピーク値は、
一定レベルで制限され、それを、
越える事は、けしてありません。

HSC-E, -Pの各部の波形
を、写真13に示しておきます。

◇HSCの特長

HSC-EとHSC-Pの特長
を比較してみましょう。

□HSC-E

1. 平均変調レベルが上がる。
2. がさがさするが、DX向き。
3. パルス性の、ノイズで、ゲ
インが、死んでしまわない。
4. 音声が入っても、バックノ

イズレベルは、あまり、低下しないので、バックノイズを、小さくしておく必要がある。この事は、部屋の、残響音をよく拾うという事を意味する。

□ H S C - P

1. 平均変調レベルは、さして上らないが、歪が少ない。

2. すっきりしていて、ローカル向き

3. ファースト・アタック、スロー・レリーズ特性だが、回復が速い。

4. 音声が入ると、バックノイズは、減少する。音声のピーク値が、一定レベルを、けして越えない。

いずれも、A L Cメーターが、ほとんど振らない様に、出カレベルを調整すれば、スプラッターの発

生は、全くありません。

これらの特長は、タイプ1と、タイプ2の、両極端を示していて、相反する事からです。したがって、その両方を満足する様な物は、でないと思います。それで、本機の様に、状況に応じて、切換えて使うのが、ベストではないでしょうか。

□製作に当って、

第13図の回路では、FT101から、電源をもらうために、空いている4ピンに、12Vをかけ、DC-DCコンバーターで、±15Vを得ていますので、ハムの心配をしなくて済みました。AC電源を利用する場合には、トランスを内蔵しない方が、良いと思います。

一点アースを、ちゃんと守って

いれは、 $330\ \mu\text{H}$ 、1個で、RFの回り込みは、ピタッと止まります。これは、足を短かめにして、コネクタに直接付けます。

対数アンプや、指数アンプは、回路図通りの定数で、発振しないと思いますが、もし発振した場合は、位相補償のコンデンサを、大きくしてみてください。

調整ですが、掛算機を使わずに済んだおかげで、調整らしい調整はありません。各トリムポットは、マイクや、リグ、自分の好みなどによって、合わせてください。本機は、試作機なのでパネル面に、すべて出してありますが、一度合わせれば、ほとんど、さわらなくてよいので、基板に載せてしまった方が、良いでしょう。

本機は、試作機なので、参考に

なうないかもしれませんが、一応
第16図に基板の配置を示しておき
ます。

フェライトコア（私は、ジャン
ク屋でやっと見つけた）以外は、
すべて、入手しやすい物ばかりだ
と思います。さて、制作費ですが、
ケース、SW等を含めても、¥7
K～8Kくらいで、できると思っ
ます。

□おわりに、

HSC-Pが、オールマイティ
だとは、言えないかもしれませんが、
コンプレッサの最も整った特
性を持っていると言えるでしょう。

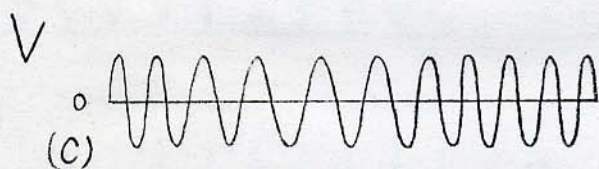
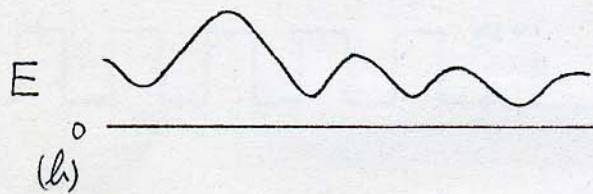
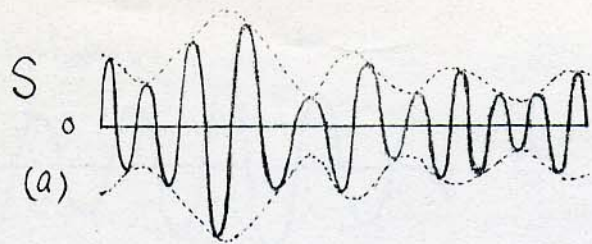
また、動特性の測定の方法は、
私の方法では、不十分かもしれま
せんが、静特性だけでは、ほんた
うの特性を、表わす事ができない
のも事実です。今後とも、この様

な記事には、動特性も示してくだ
さる様お願いしたいと思います。
いくら、アタックの特性を改善し
たと言っても、それを示すデータ
が、なければ、なんにもならない
のですから。

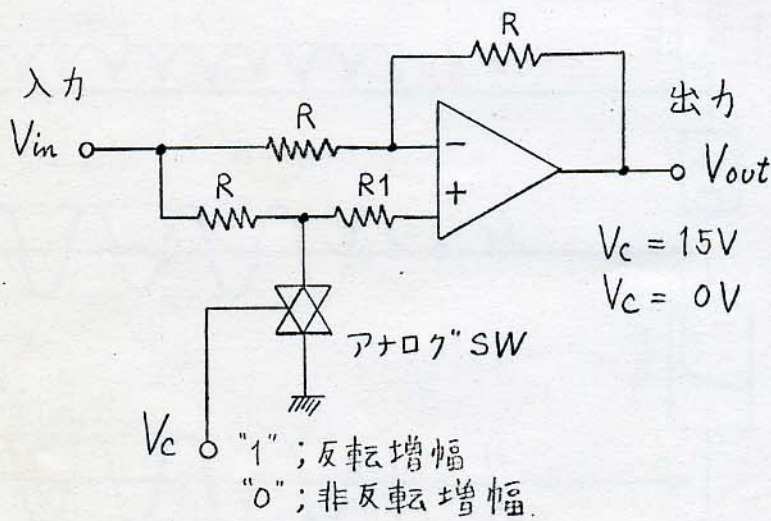
参考文献

1. CQ誌 '76 12月号 技術展望「エンバロープ成分抑圧型スピーク・プロセッサ」
2. CQ誌 '72 8月号 「歪の少ないオーディオコンプレッサ」JA1RJU 小笠原一夫
3. トランジスタ技術 '77 2月号 第2世代のOPアンプ P156, P158, P159
4. 電子科学 '75 12月号 「アクティブフィルタの設計公式」金光 磐
5. H. J. No. 9 スピーク・プロセッサ JA7SSB 斎藤 醇爾

← HJ No. 3
に同一記事有



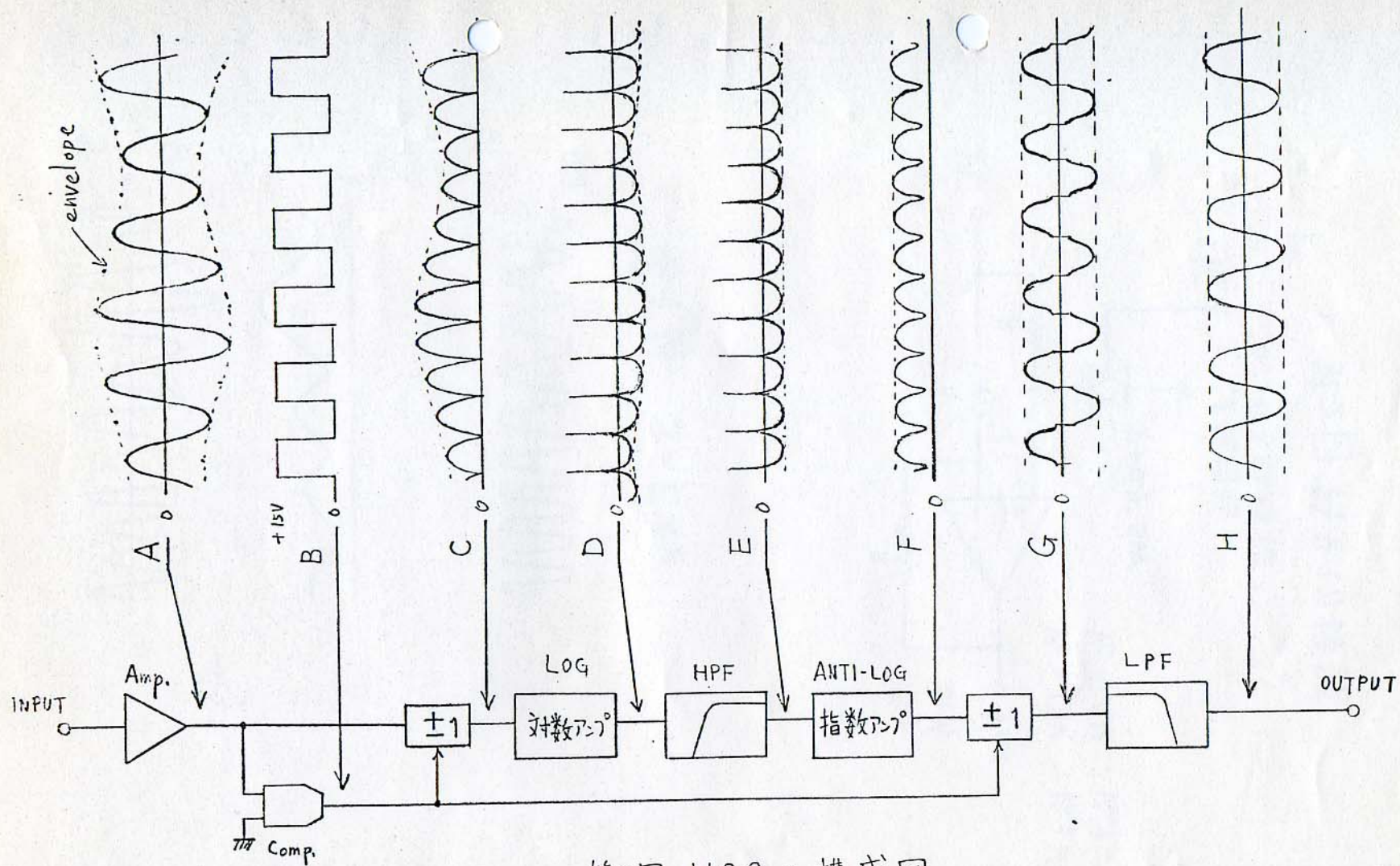
第1図 $S = E \times V$



$$V_c = 15V : V_{out} = -V_{in}$$

$$V_c = 0V : V_{out} = V_{in}$$

第2図 符号切換器

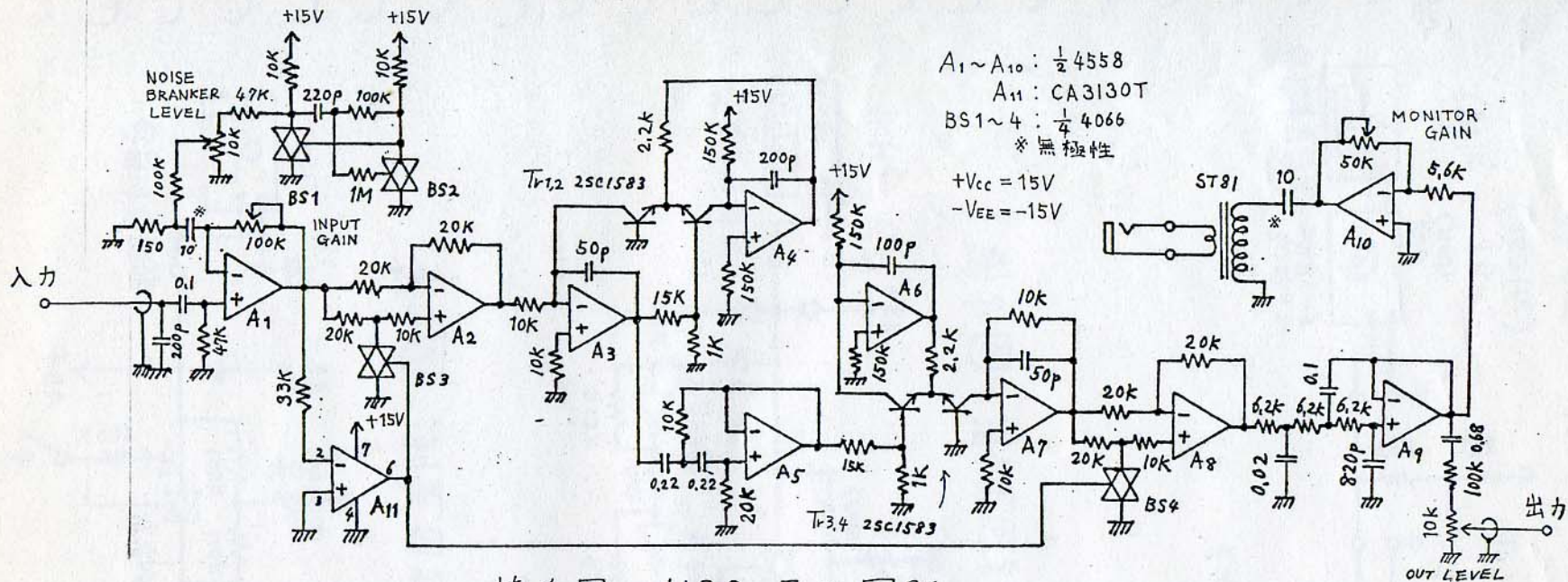


第3図 HSC の構成図

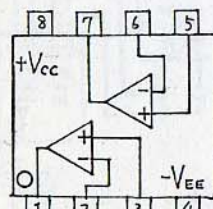
~~Homomorphic Speech Compressor~~

'77 Mar

JHEKXN

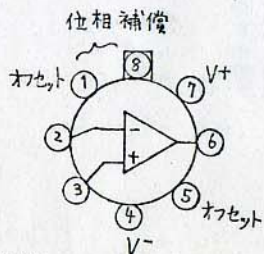


第4図 HSC-Eの回路.

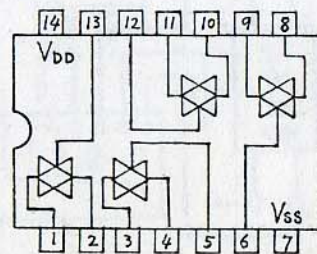


4558

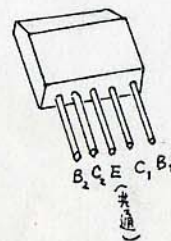
上面図



CA3130T



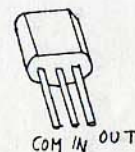
4066



2SC1583

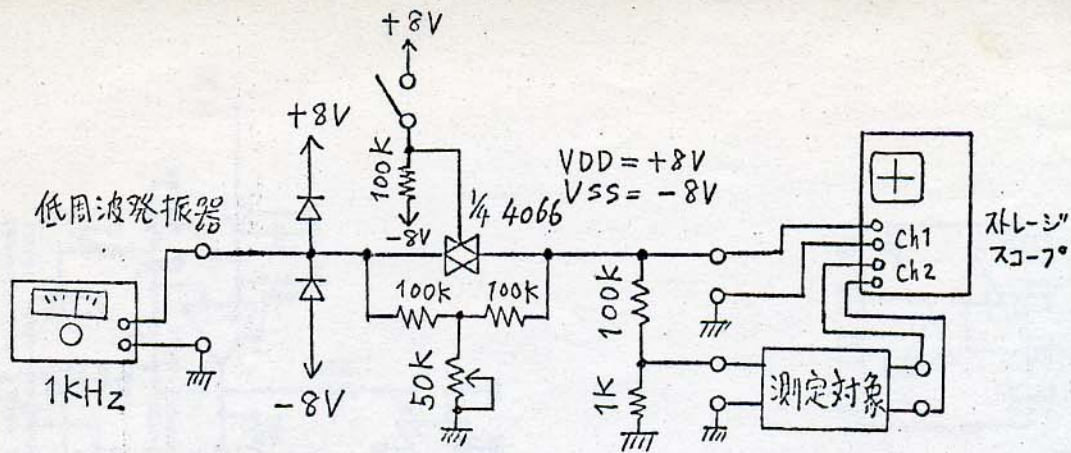


78L15

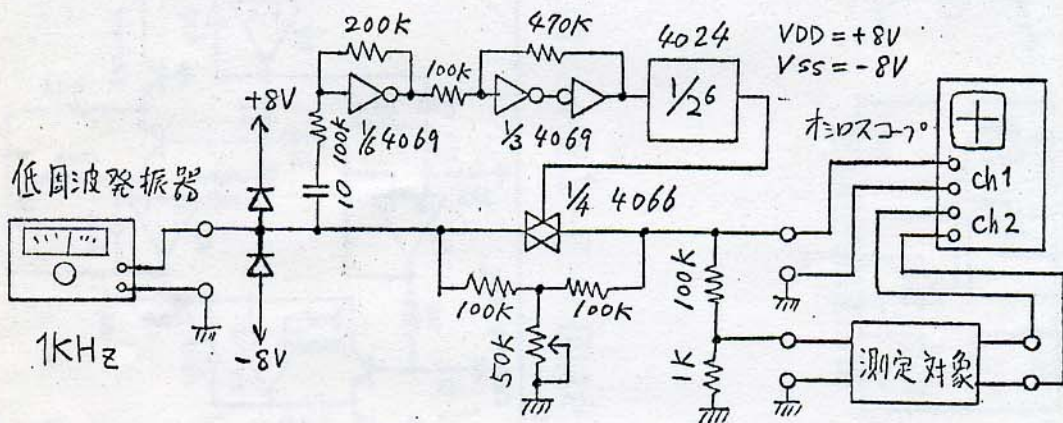


79L15

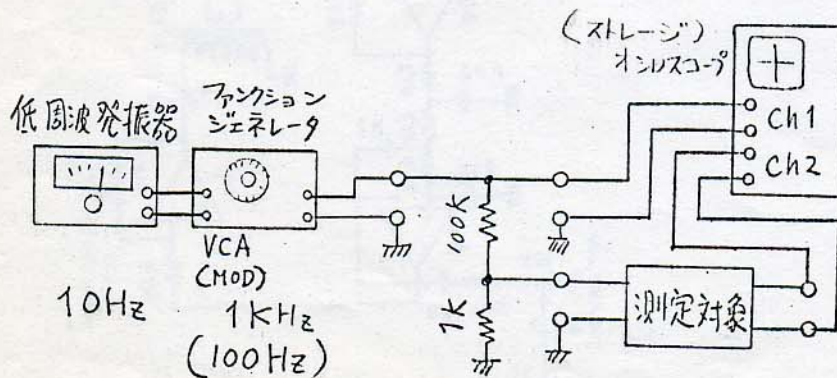
第15図 各デバイスのピン接続



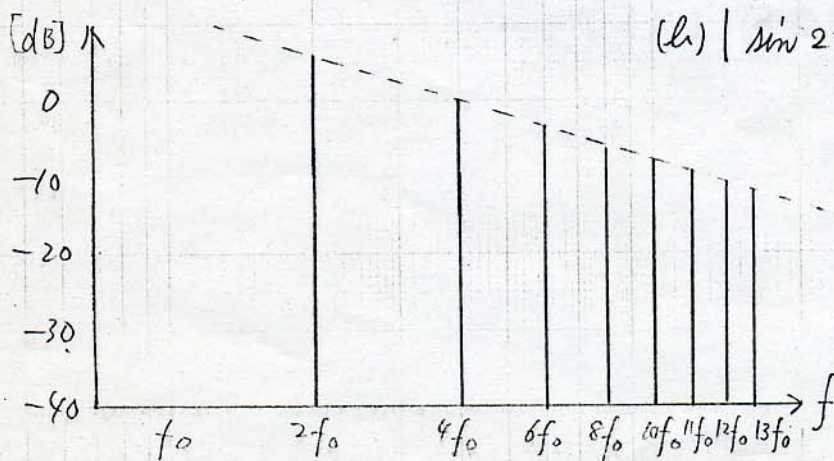
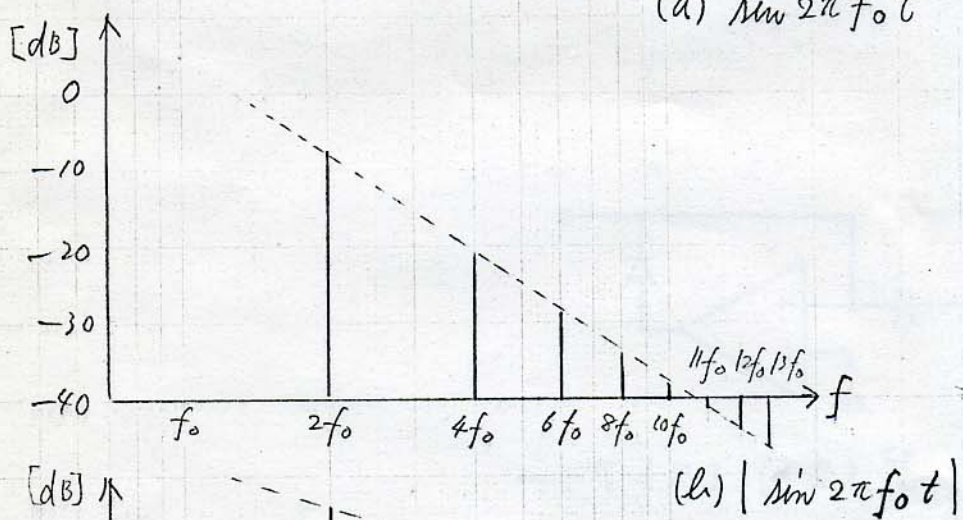
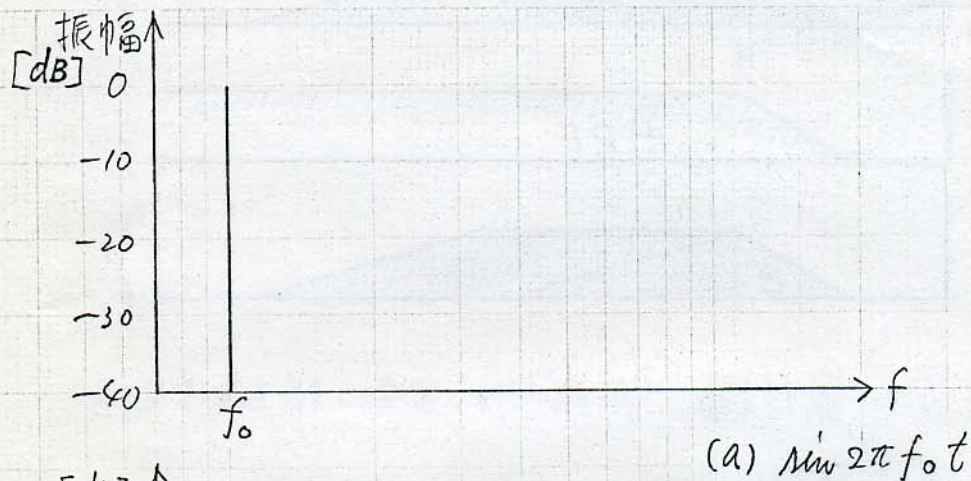
第7図 測定回路 1



第8図 測定回路 2

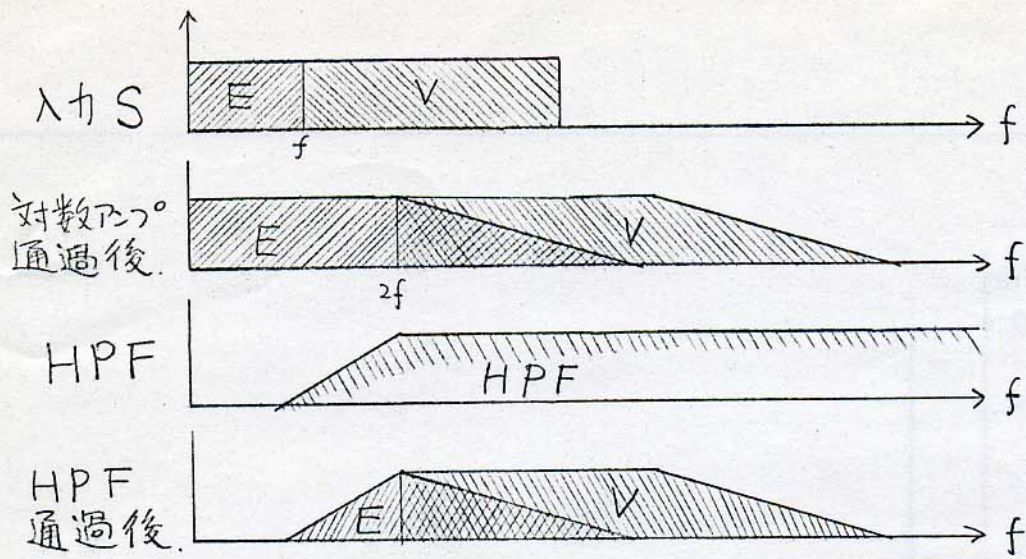


第9図 測定回路 3

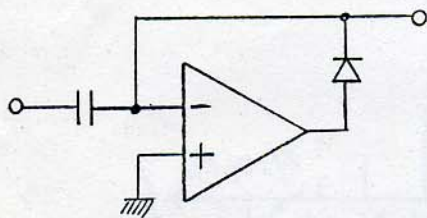


第10回 周波数スペクトル

(c) $\log |\sin 2\pi f_0 t|$



第11図 E 成分は、完全に除去できない。



第12図 レストアラー

出力 [mVrms]

100

10

1

0.1

0.1

1

10

100

300

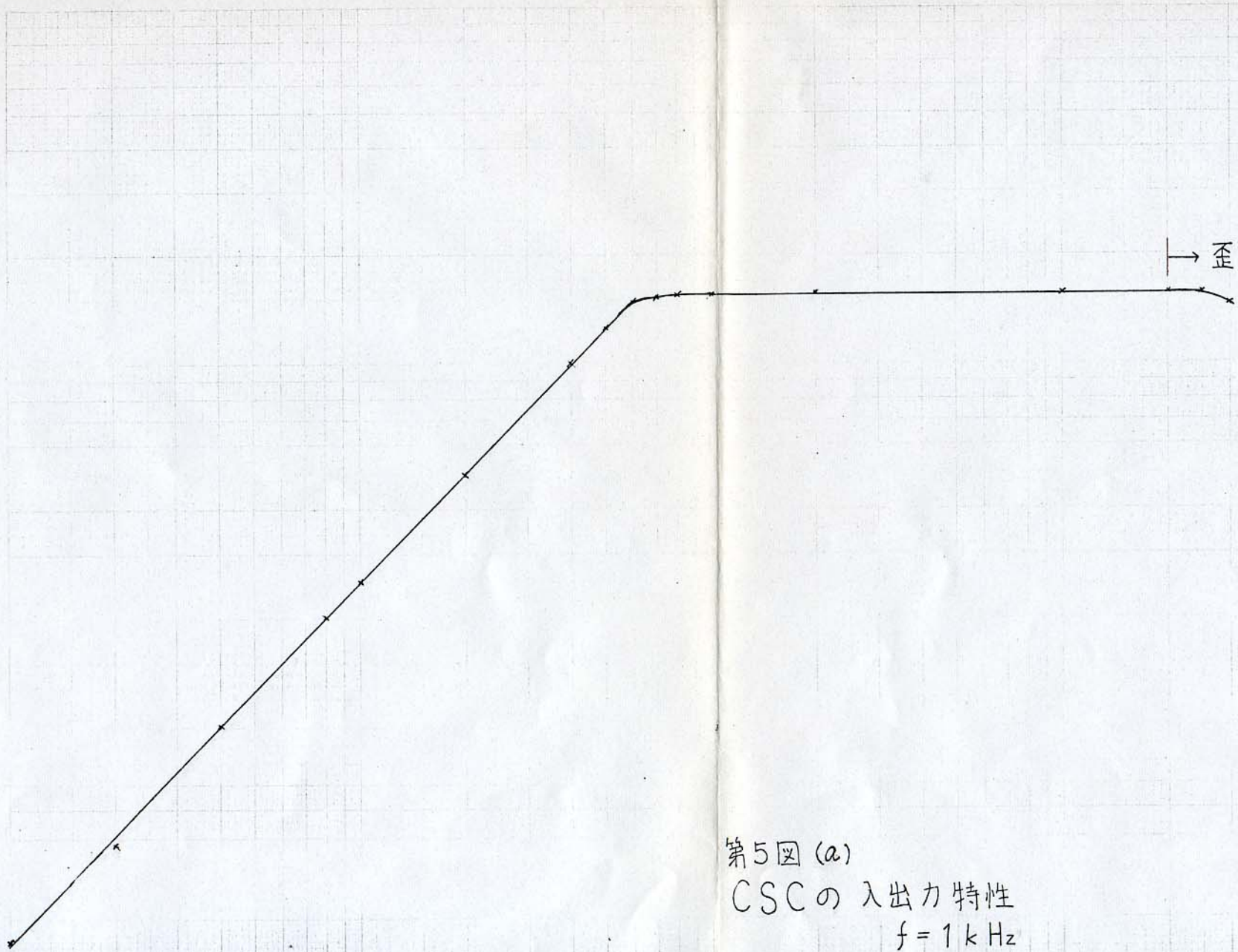
入力 [mVrms]

歪発生

第5図 (a)

CSCの入出力特性

$f = 1 \text{ kHz}$



出力 [mV_{rms}]

100

10

1

入力 $50 mV_{rms}$

入力 $1 mV_{rms}$

第5図 (b)
CSC の周波数特性

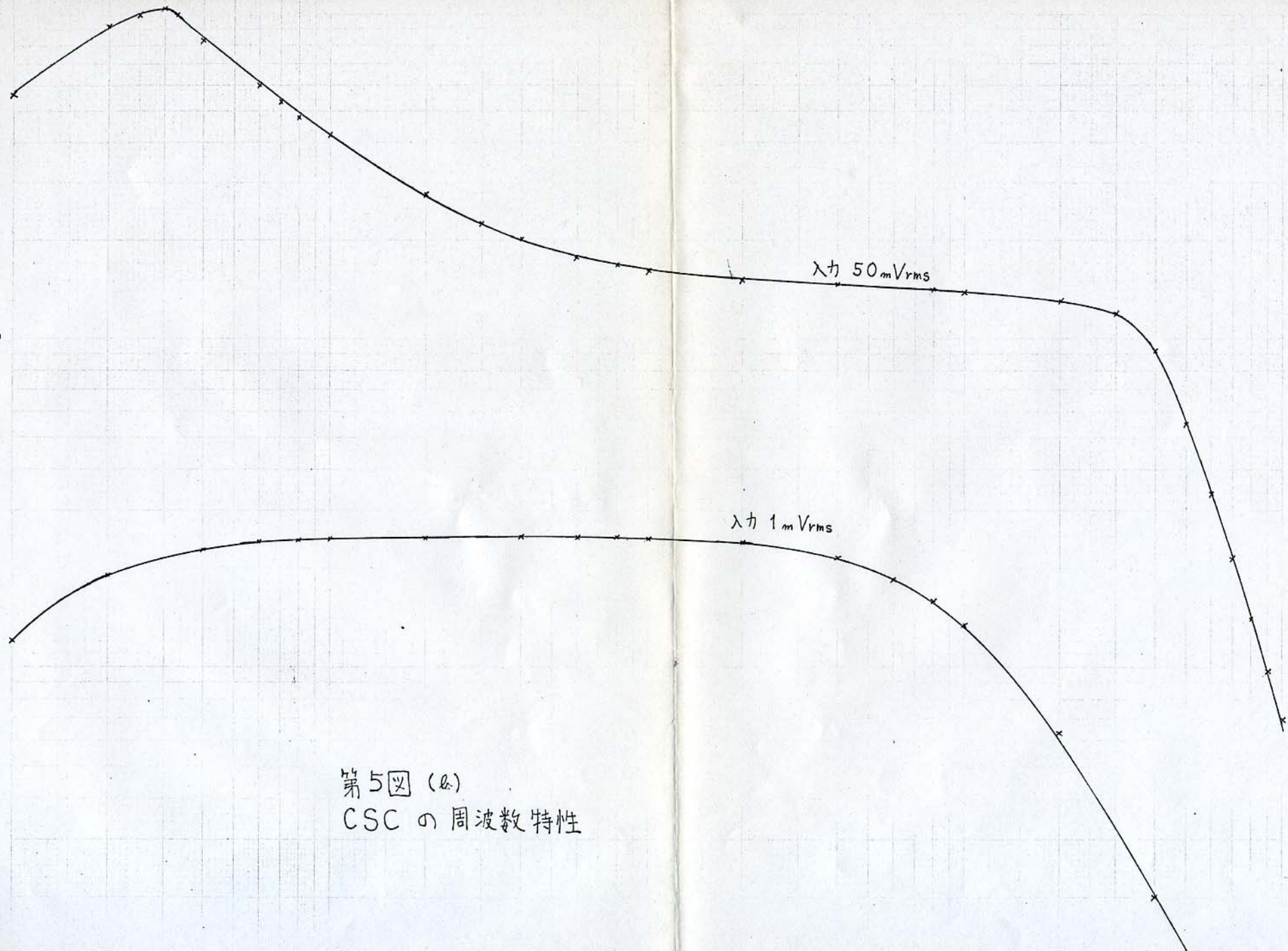
0.1
10

100

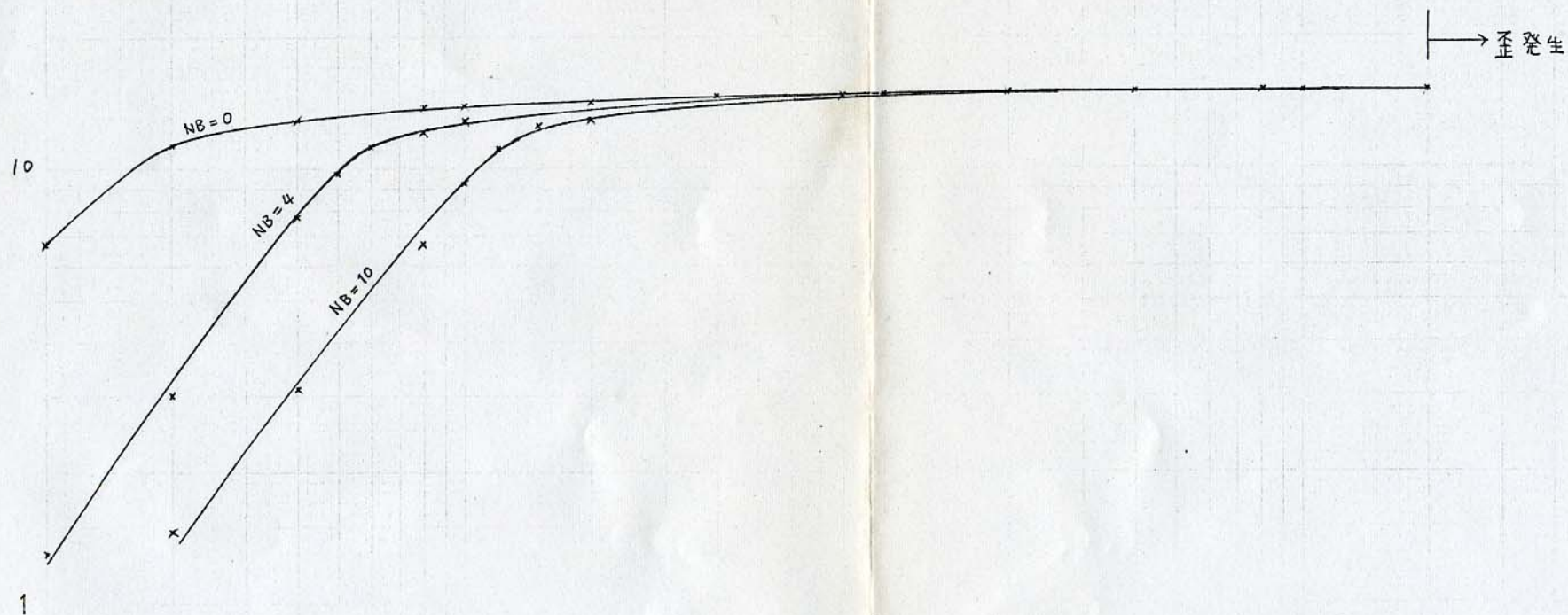
1k

10k

100k f [Hz]



出力 [mV_{rms}]



第6図 (a)

HSC-E の入出力特性

$f = 1 \text{ kHz}$

0.1
0.1

1

10

100

200

入力 [mV_{rms}]

出力 $[mV_{rms}]$
100

歪発生 ←

λ 力 $50 mV_{rms}$

λ 力 $0.2 mV_{rms}$

第6図 (b)
HSC-E の周波数特性
 $NB=4$

0.1
10

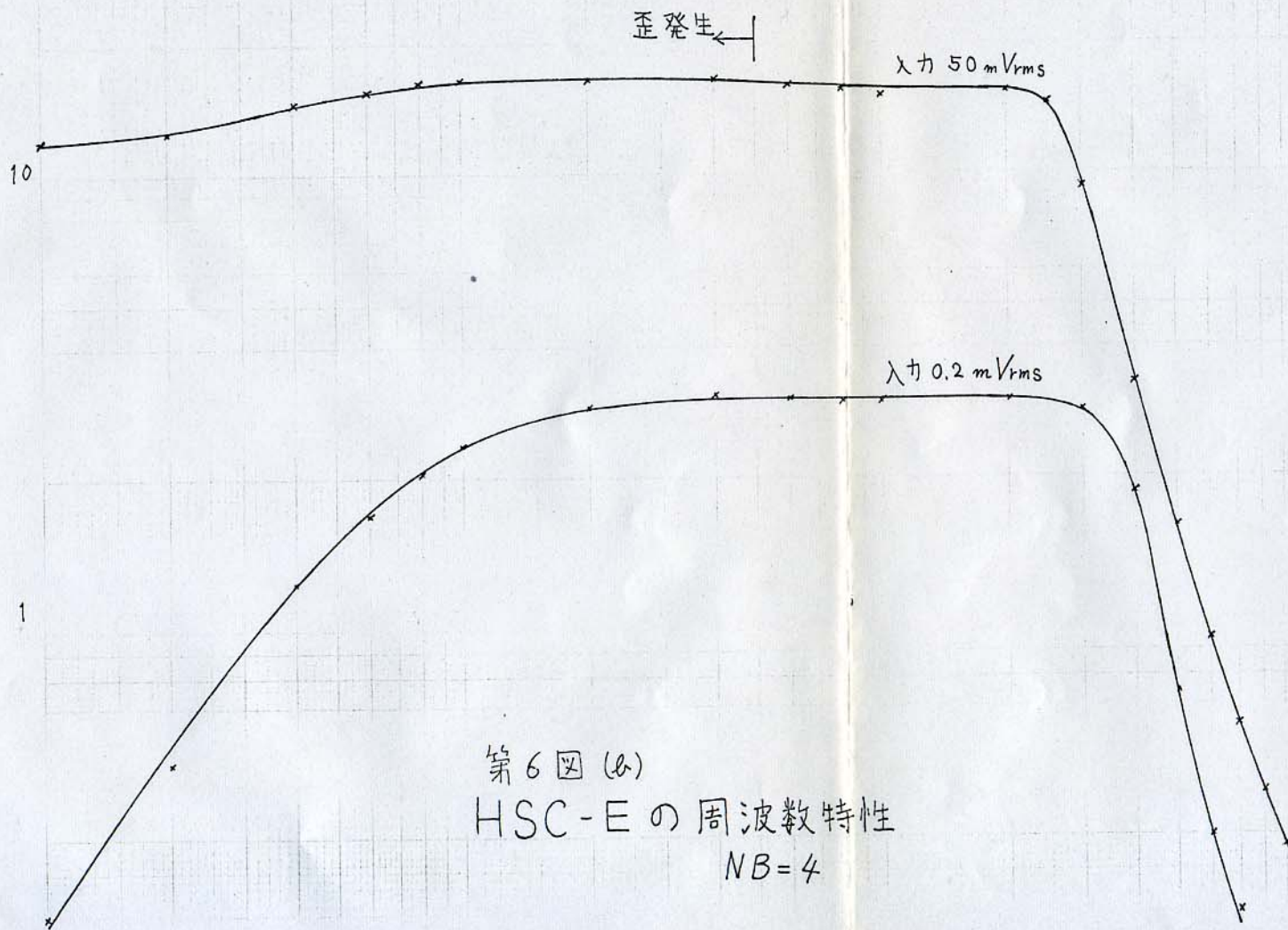
100

1k

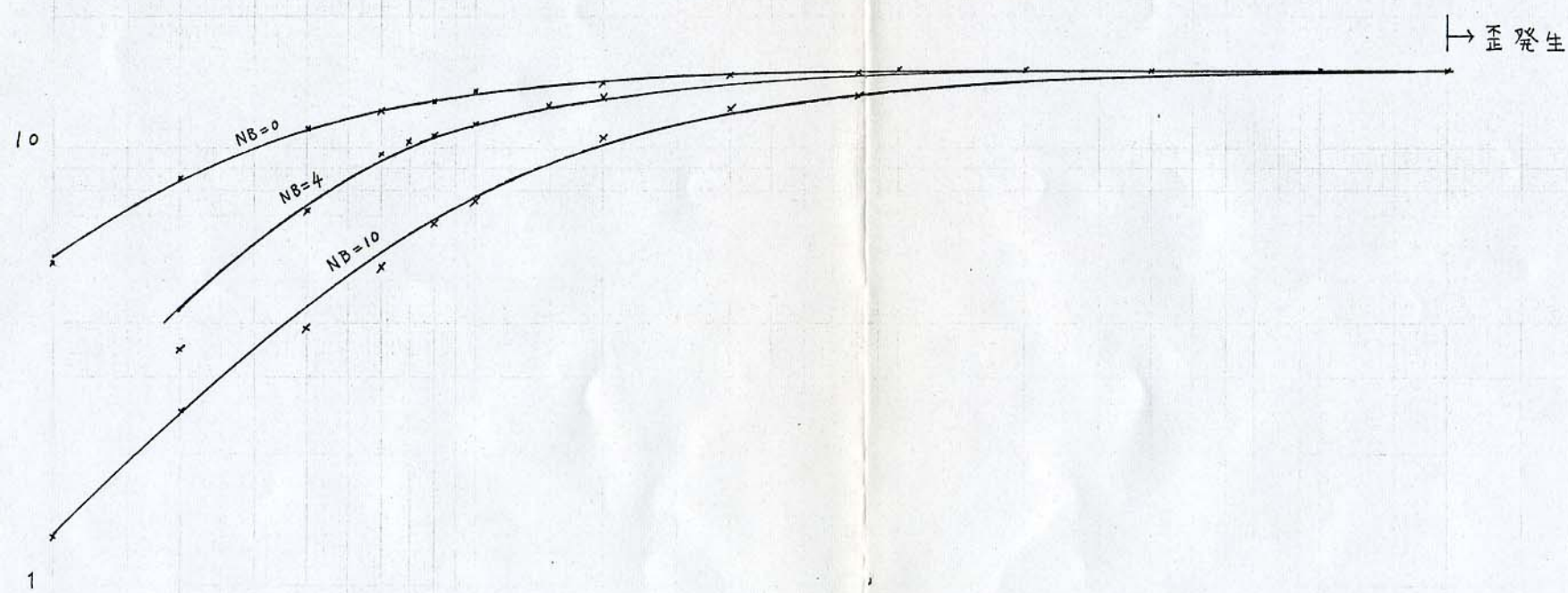
10k

100k

f
[Hz]



出力 [mV_{rms}]
100



第14図 (a)
HSC-P の入出力特性
 $f = 1\text{kHz}$

0.1
0.1

1

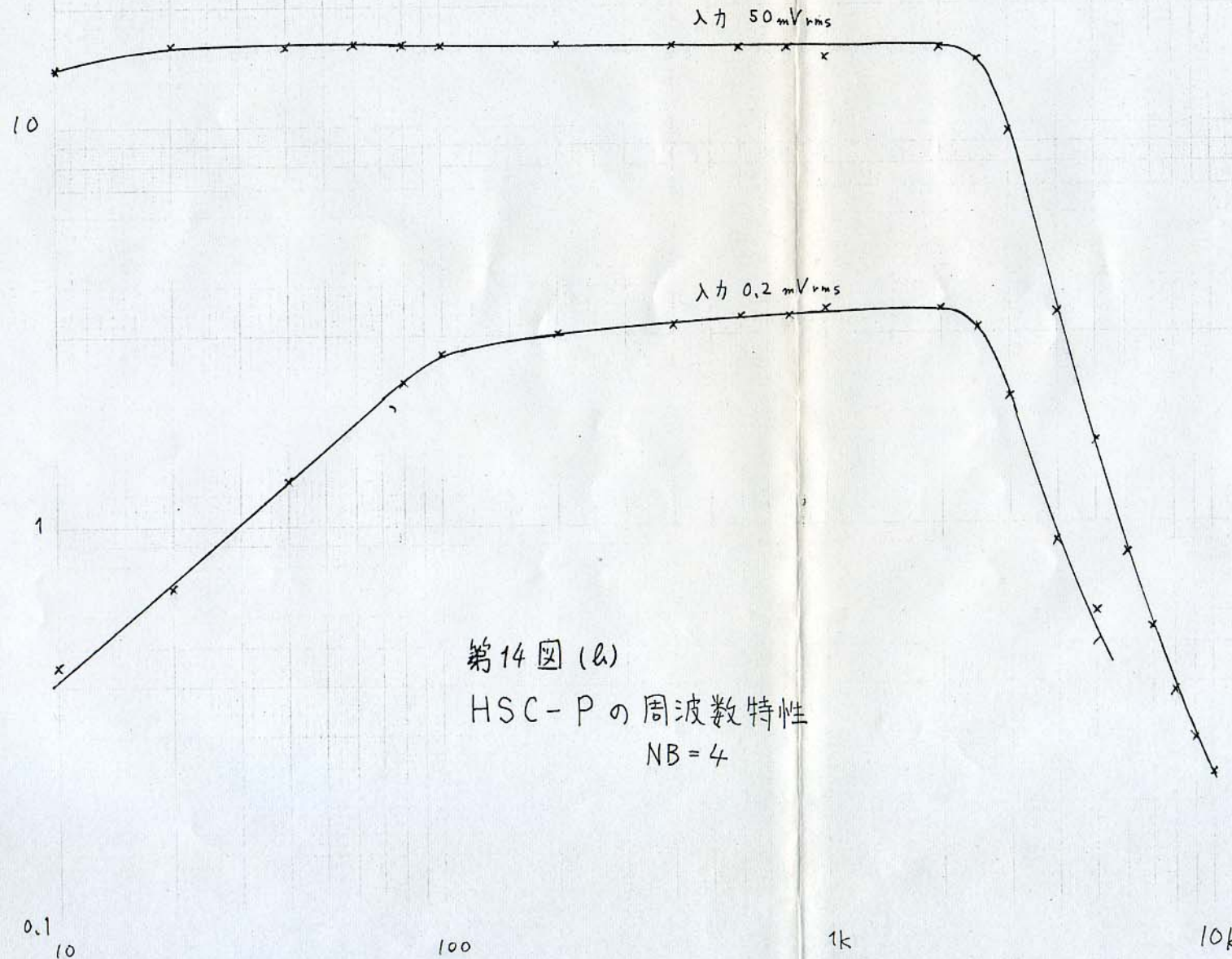
10

100

200

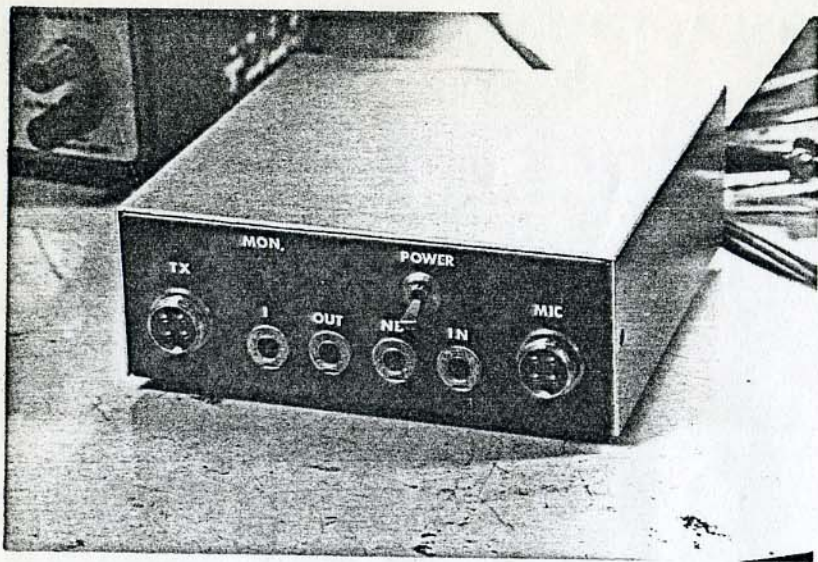
入力
[mV_{rms}]

出力 $[mV_{rms}]$
100

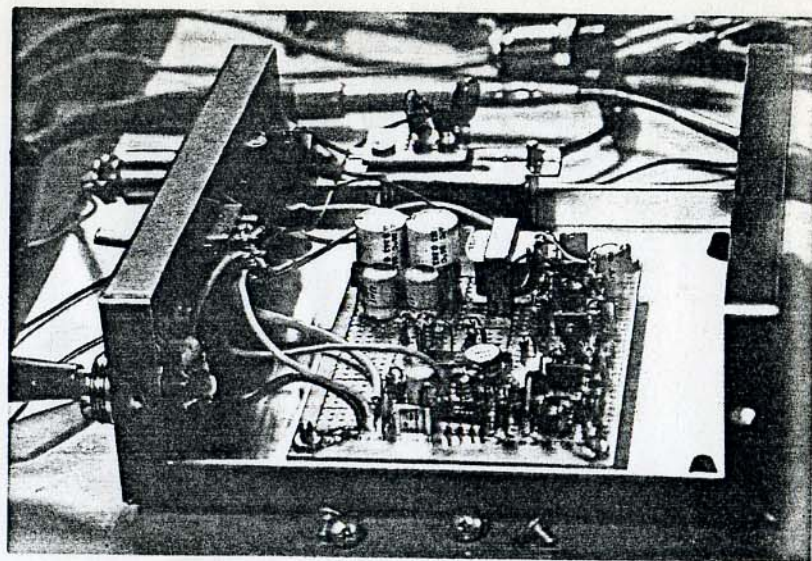


第14図 (b)
HSC-P の周波数特性
NB = 4

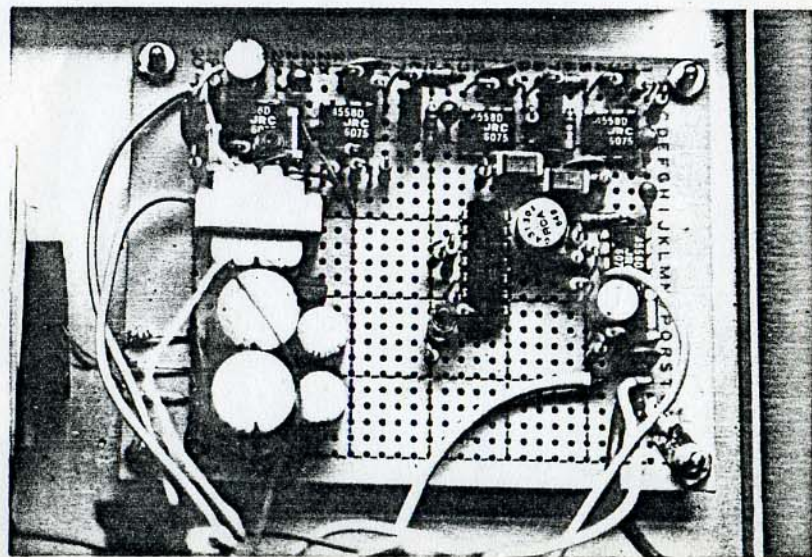
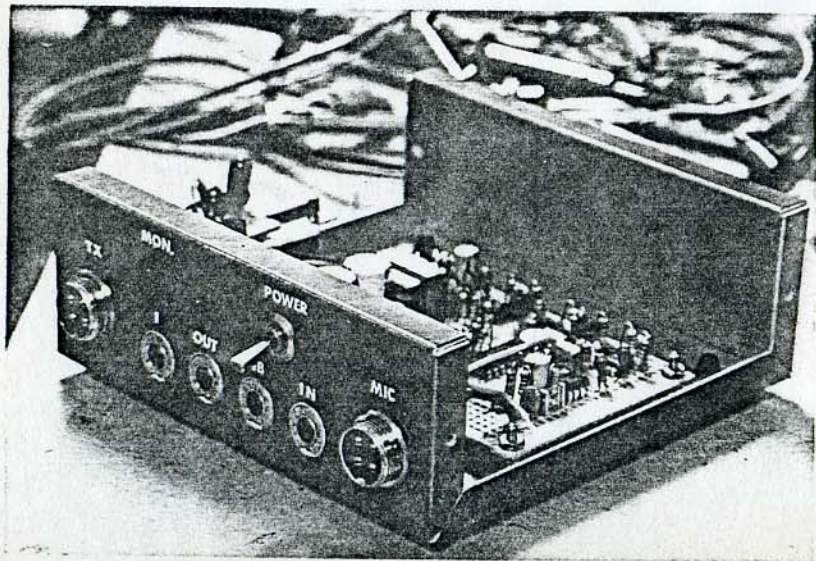
f
100k [Hz]



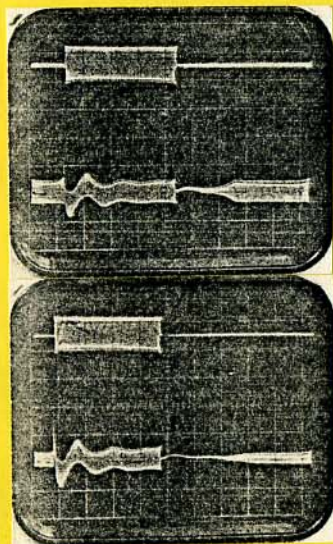
↑写真1 ↓写真2



↑写真3. ↓写真4 試作第1号



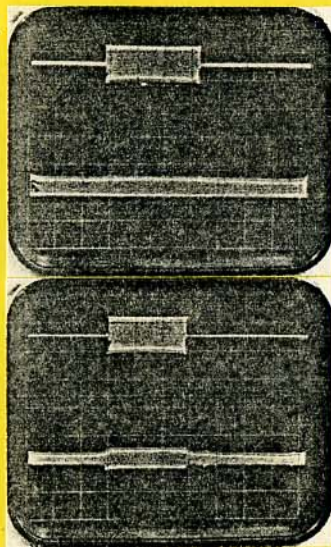
CSC



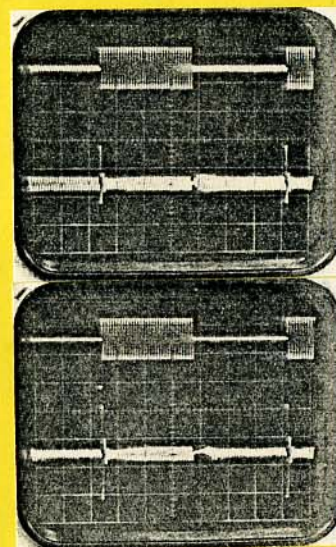
a V_{in} 変化
 $5mV \leftrightarrow 50mV_{rms}$
 20dB

b V_{in} 変化
 $0.5mV \leftrightarrow 50mV_{rms}$
 40dB

HSC-E



HSC-E



a V_{in} 変化
 $5mV \leftrightarrow 50mV_{rms}$
 20dB

b V_{in} 変化
 $0.5mV \leftrightarrow 50mV_{rms}$
 40dB

写真5.

上: 入力 $0.1V/div$

下: 出力 $0.05V/div$

$\leftrightarrow 0.5 sec/div$

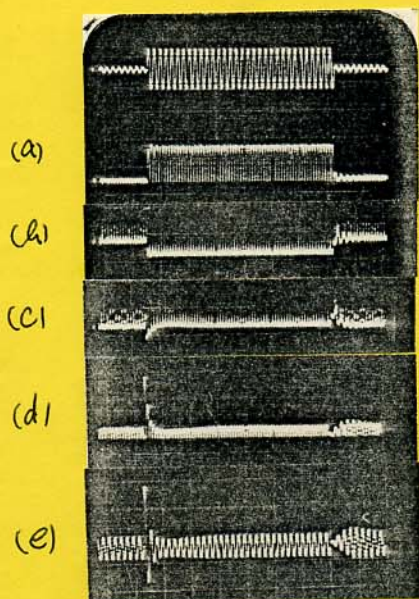
写真6

$\updownarrow 0.1V/div$

$\leftrightarrow 10ms/div$

写真7

HSC-Eの各部の波形



入力 $5\text{ mV}_{\text{rms}} \leftrightarrow 50\text{ mV}_{\text{rms}}$ 20dB変化
 $\uparrow 0.1\text{ V/div}$ $\leftrightarrow 5\text{ mS/div}$

C点 $\uparrow 2\text{ V/div}$

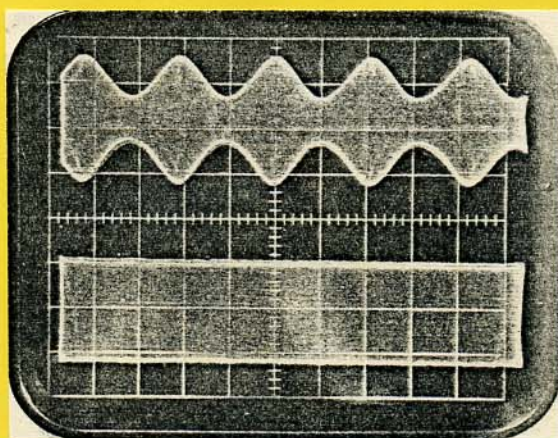
D点 $\uparrow 2\text{ V/div}$

E点 $\uparrow 2\text{ V/div}$

F点 $\uparrow 5\text{ V/div}$

G点 $\uparrow 5\text{ V/div}$

写真8 HSC-E

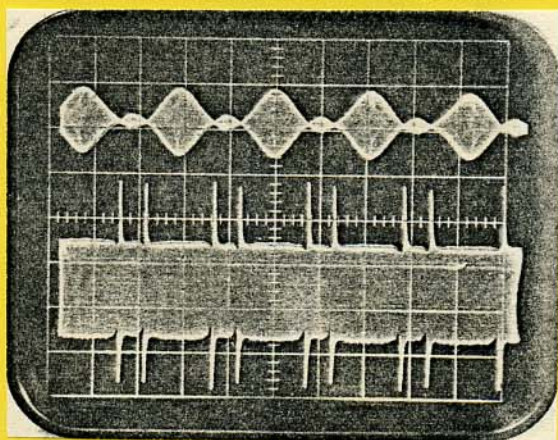


(a) HSC-E
 $E > 0$

入力 $\uparrow 0.05\text{ V/div}$

$\leftrightarrow 50\text{ mS/div}$

出力 $\uparrow 0.02\text{ V/div}$



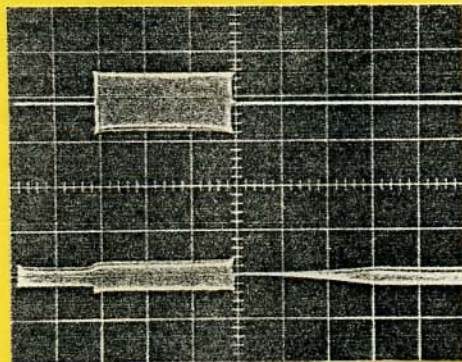
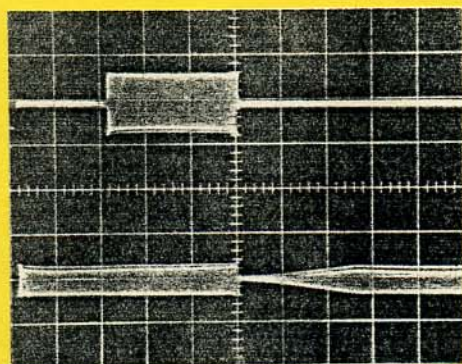
(b) Eが負にもなる場合

入力 $\uparrow 0.05\text{ V/div}$

$\leftrightarrow 50\text{ mS/div}$

出力 $\uparrow 0.02\text{ V/div}$

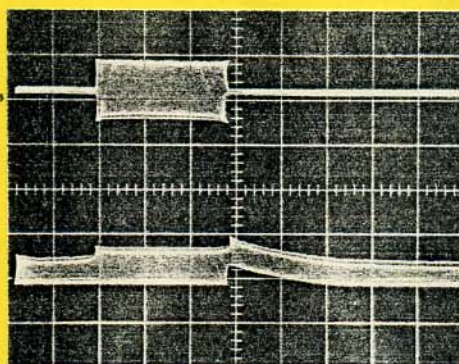
写真9 HSC-P



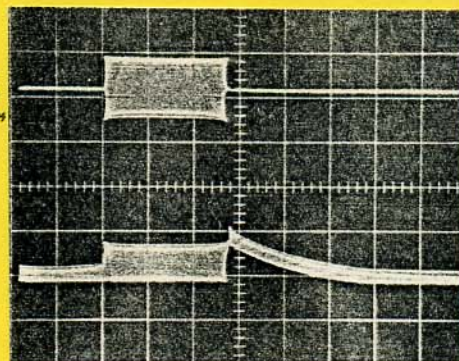
上:入力 0.1V/div
下:出力 0.05V/div $\leftrightarrow 0.5 \text{ sec/div}$

写真10 HSC-P

(a)
レベル変化
5mV/div $\leftrightarrow 50 \text{ mV/div}$
20dB



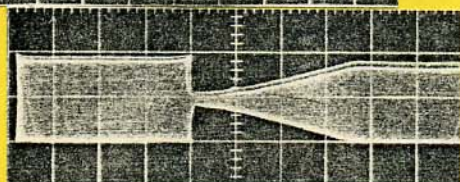
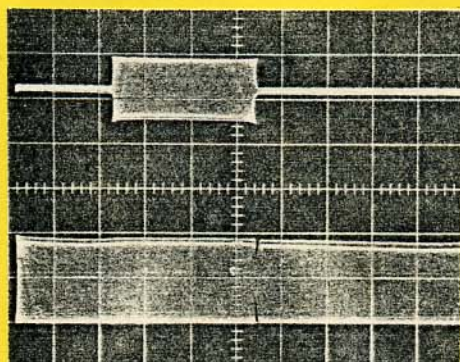
(b)
レベル変化
0.5mV/div $\leftrightarrow 50 \text{ mV/div}$
40dB



上:入力 0.1V/div
下:出力 1V/div $\leftrightarrow 0.5 \text{ sec/div}$

写真11 HSC-P

入力



時定数

最小

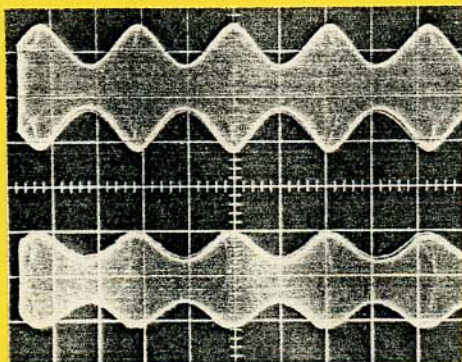
中央

最大

写真12

HSC-P

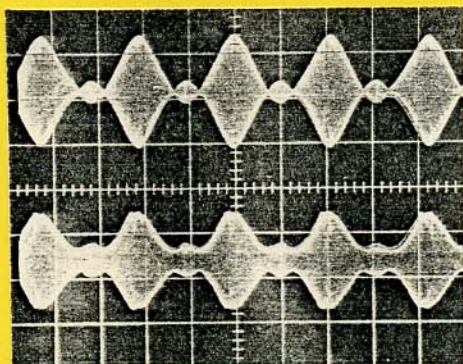
(a) $E > 0$



上: 入力 0.05 V/div

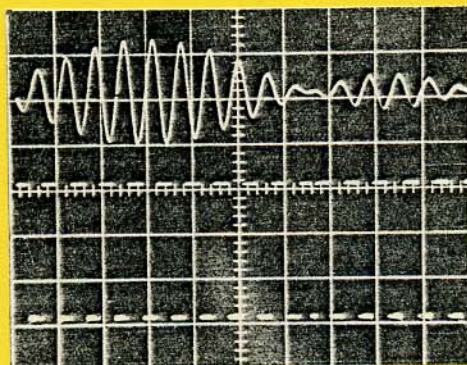
下: 出力 0.02 V/div

$\leftrightarrow 50 \text{ ms/div}$



(b)

写真13 (a) コンパル-タ-出力



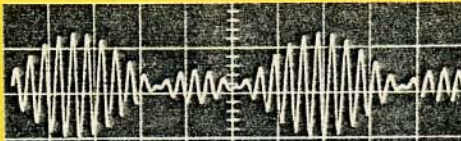
入力 0.05 V/div

$\leftrightarrow 10 \text{ ms/div}$

B点 5 V/div

写真13 HSC の各部の波形

b

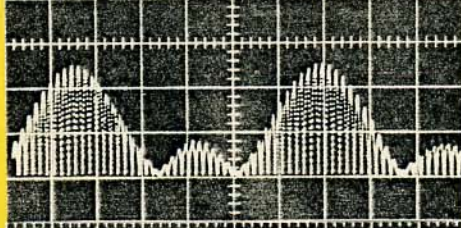


入力 0.05V/div

↔ 20ms/div

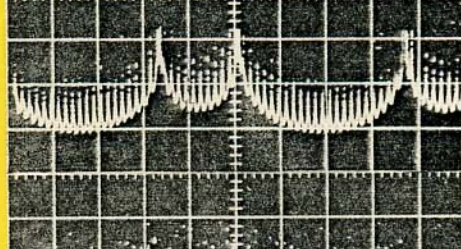
C点 1V/div

c



D点 1V/div

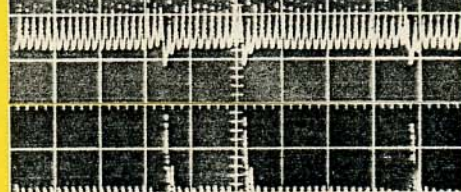
d



E点 1V/div

HSC-E

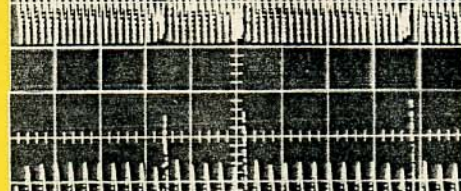
e



F点 1V/div

HSC-E

f



G点 1V/div

HSC-E

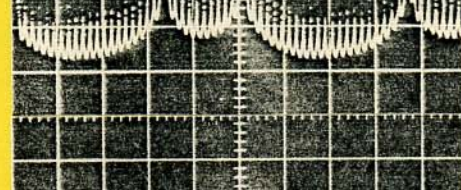
g



E'点 1V/div

HSC-P

h



F'点 1V/div

HSC-P

i



G'点 1V/div

HSC-P

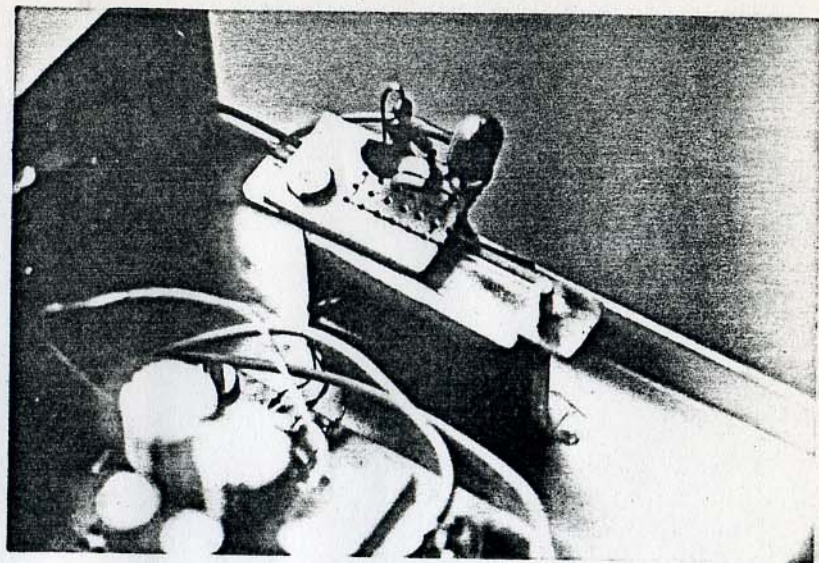
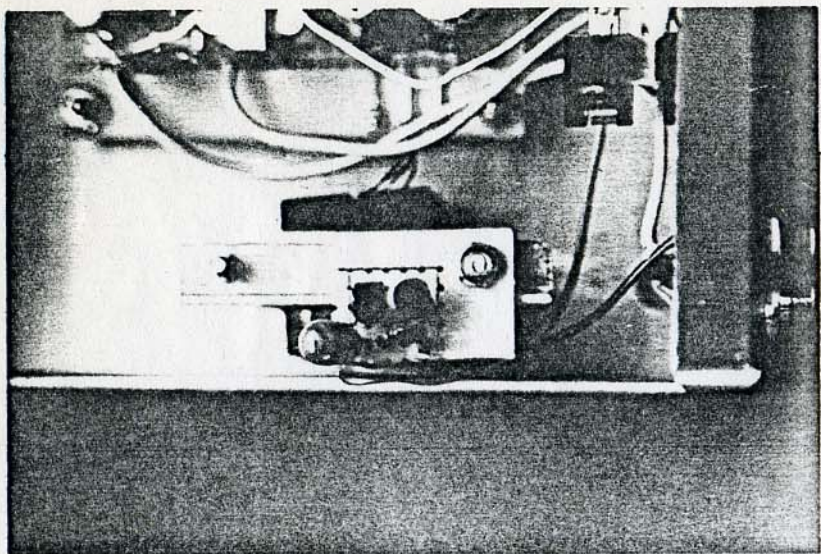


写真14. ↑ DC-DC コンバータ部の クローズアップ ↑

→
写真15
内部

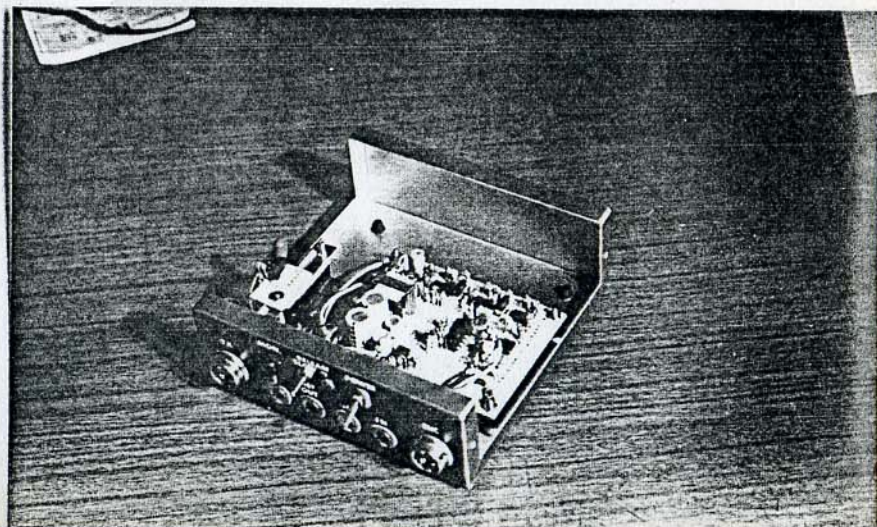




写真16 本機試作第2号.

