

卒業研究報告

題目

動物の脈動データの収集と、
データ処理システムの開発

指導教員

河津 哲 教授

報告者

安澤 慎介

平成 13年 2月 9日

高知工科大学 電子・光システム工学科

目次

1.まえがき	.....2
2.システムの概要	.....3
2.1.目標	.....3
2.2.概略	.....3
3.アンプの作成	.....5
3.1.アンプの作成にあたり。	.....5
3.2.アンプ試作機の概要	.....7
3.3.アンプ本番用の概要	.....10
4.A / D変換	.....15
4.1.使用機器の概要	.....15
4.2.A / D変換方法	.....16
5.実験	.....17
5.1.動物の脈動データ	.....17
6.データ処理	.....18
6.1.データ処理	.....18
6.2.データ解析	.....20
7.まとめ	.....23
8.あしがき	.....24
9.special thanks	.....25
10.参考文献	.....26
11.付録	.....27
11.1.周波数特性測定結果	.....27
11.2.A / D変換プログラム	.....32

1. まえがき

最近では、地球温暖化や、大気汚染、生態系の破壊などにより、環境に対する保護がいたるところで叫ばれているのだが、実際にはどのようなことがあまり分からずにそのようなことをのたまう者も大勢いるはずである。

例をいくつかあげるとするならば、自動車業界のハイブリットカー、これは排気ガスが少ないもので、排気ガスが減れば大気汚染や、地球温暖化に対して、少しでもよい効果が得られるであろう。そして、日常生活の中からも、家から出される生活排水に、石鹼類や油類など、周囲の環境、生態系に多大な影響を与えるかもしれないため、環境にやさしい洗剤等が発売されている。日常生活で使う紙等のように、再生紙**%や、100%再生紙などと表示されている再生紙や、牛乳パックで作る、リサイクルはがきなど、リサイクル商品も世間には氾濫している。

しかし、それらのものを使ってどれくらい地球に与えられる影響を軽くすることが出来ているのか？もしくは、それを使わなかったら、地球に与えられる影響はどのくらいなのか。細かく分かって使っている人は少ないはずである。

そして、それを細かく理解するようになるためには、莫大な時間と労力が必要になるであろう。そしてこのことに、その時間と労力を費やそうと思う人は、ほとんどいないと思われる。

この実験は、その影響を与えられる側である自然界に存在する音データなどのデータを収集、解析し、耳で聞くだけでなく、視覚的にも見ることが出来るようにし、世の人々に少しでも自然の音に耳を傾けてもらい、関心をもってもらえればと、研究テーマとした。

2001.2.9

安澤慎介

2. システムの概要

2.1. 目標

この実験は、「動物の脈動データの収集と、データ処理システムの開発」というテーマのとおり、動植物の脈動データ（人間の脈等）と、自然界の音データ（波の音等）を採取、アナログ/デジタル変換、パソコンへの取り込みをし、取り込まれたデータを解析し、「何か新しい発見を出来れば」ということを念頭に置き研究する。

2.2. 概略

今回の実験の大まかな流れとして、

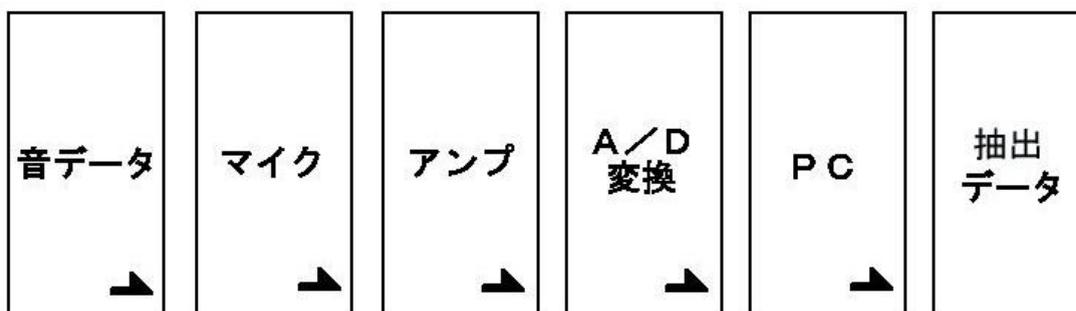


図 2 - 1 . 本システムの流れ図

上記のような流れで実験を進めた。

各項目ごとに簡単な説明を下に記す。

音データ : 今回の実験では人間の脈のデータを採取した。

マイク : 聴診器のホースにちょうど入る大きさのコンデンサマイクを用いた。

アンプ : アンプを自作した。

A / D 変換 : パソコンに組み込んだ A / D 変換ボードを使用した。

PC : NEC の PC - H 9 8 を使用した。

抽出データ : BASIC プログラムにより、取り込んだ波形を画面に表示、ハードディスクにデータを保存した。

なお、実験装置の詳細な説明は、第 3 章及び第 4 章で説明する。

3.アンプの作成

3.1.アンプの作成にあたり。

アンプの回路にはエミッタ接地回路を使う。エミッタ接地回路とは増幅回路の基本となるもので、電流利得と電圧利得の両方が得られるものである。エミッタ接地回路の回路図は図3 - 1に、説明は下記に記す。

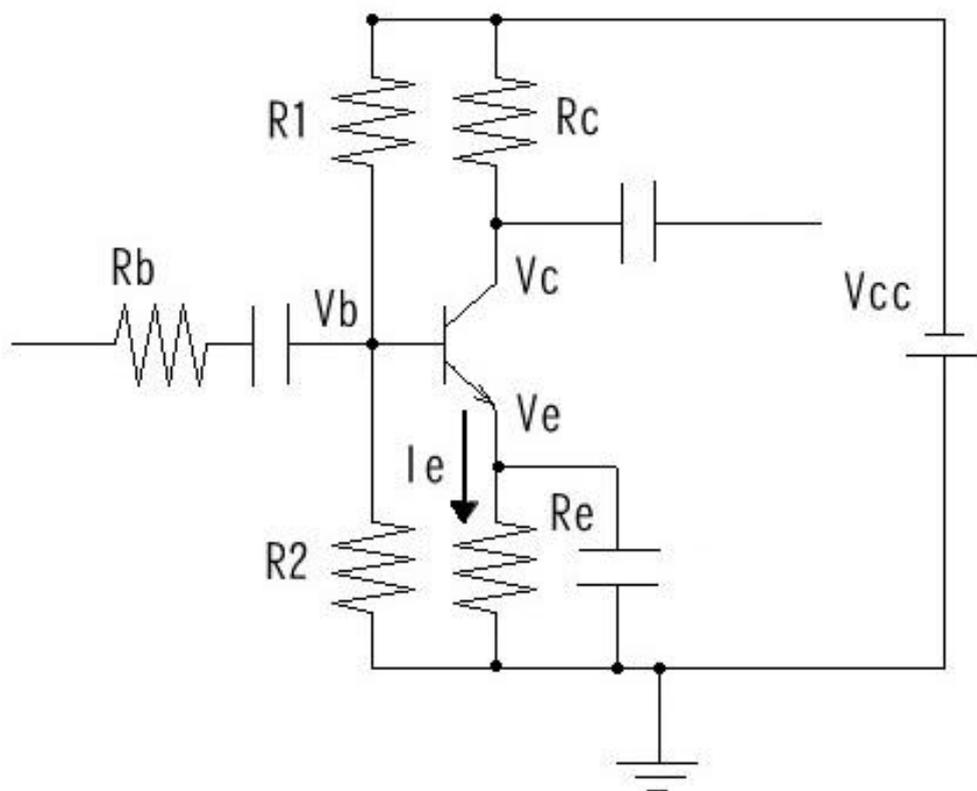


図3 - 1 . エミッタ接地回路

上に、基本的なエミッタ接地回路を示す。この回路に入力信号がないときの各部の電圧 V_b , V_c , V_e を求める。トランジスタに流れ込むベース電流の直流成分は非常に小さいのでこれを無視すると、電圧 V_b は V_{cc} を R_1 と R_2 で分圧した値になる。したがって、

$$V_b = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot V_{cc} \quad (\text{式3-1})$$

となる。エミッタの直流電位 V_e は V_b よりもベース・エミッタ間電圧 V_{be} だけ低い
ため、

$$V_{be} = 0.6[V] \quad (\text{式3-2})$$

とすると、

$$V_e = V_b - 0.6 \quad (\text{式3-3})$$

となる。エミッタに流れる電流は、

$$I_e = \frac{V_e}{R_e} = \frac{V_b - 0.6}{R_e} \quad (\text{式3-4})$$

コレクタの直流電位 V_c は電源電圧 V_{cc} から R_c の電圧降下を引いた値になる。
したがって、

$$V_c = V_{cc} - I_e \cdot R_c \quad (\text{式3-5})$$

となる。

コンデンサを入れているため、

$$V_e = \text{一定} \quad (\text{式3-6})$$

であり、したがってこの回路の増幅度 A_v は

$$A_v = \frac{V_o}{V_i} = \frac{R_e \left(\frac{V_{in}}{R_B} \cdot h_{fe} \right)}{V_{in}} \quad (\text{式3-7})$$

エミッタ接地回路の利点は、入力インピーダンスが大きいということである。し
かし、周波数特性でミラー効果により、高域での利得が低下するという欠点がある。

だが、この回路では脈拍などの低周波域での増幅がメインとなる。したがって、
上記の問題は無視する事ができる。

3.2.アンプ試作機の概要

最初に作成したアンプについて。

アンプ自体の作成は 6 個以上作成し、それぞれ一回以上の改造を施した。その中で、本番用のアンプと比較対照できる 2 個の試作アンプをここに挙げた。

まず、前節で説明した、エミッタ接地回路の二段増幅回路である。

失敗した原因としては、聴診器の音をマイクで収集した入力は予想した電圧より大きかった為、増幅率を大きく設計するという判断ミスであった。さらに作り方のほうにも問題（はんだ付け、配線の総延長が長すぎた）があったために雑音も多く結果的に失敗作となった。

その例を写真 3 - 1、および回路図を図 3 - 2 に示す。

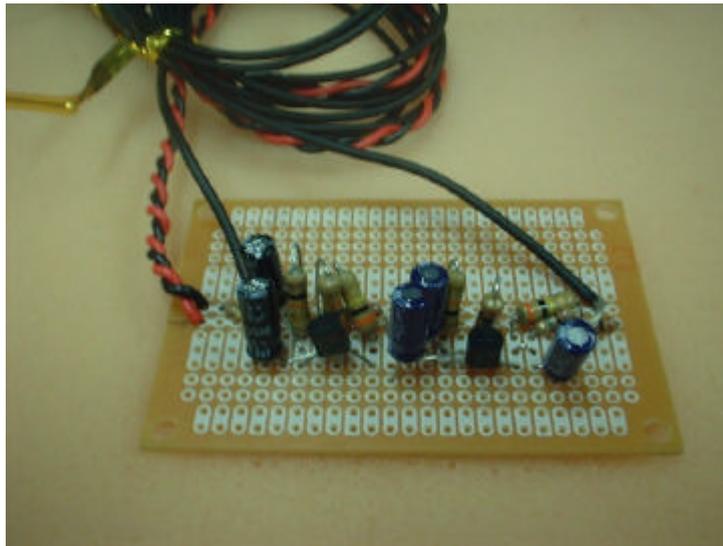
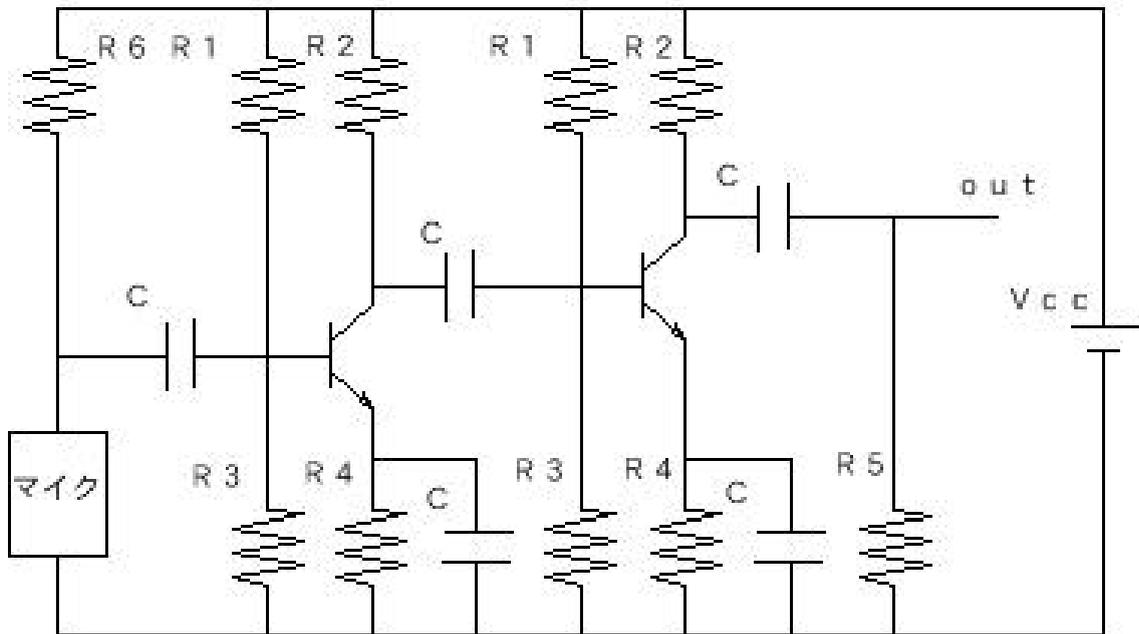


写真 3 - 1 . アンプ第一次試作機 1



R1= 1M	R2= 30 k	R3=300 k	R4= 10 k
R5=100 k	R6= 2k	C= 10 μ F	Vcc= 9V

図3 - 2 . アンプ第一次試作機回路図

そして、上記のアンプの失敗した原因のひとつに増幅率が大きすぎたために誘導雑音と高感度マイクの測定対象外の雑音を取り込んでいたということもあり、回路中の、二段増幅回路になっている部分を一段にし、雑音対策を徹底したアンプを作成した。作成したアンプを写真3 - 2 及び、図3 - 3 に示す。

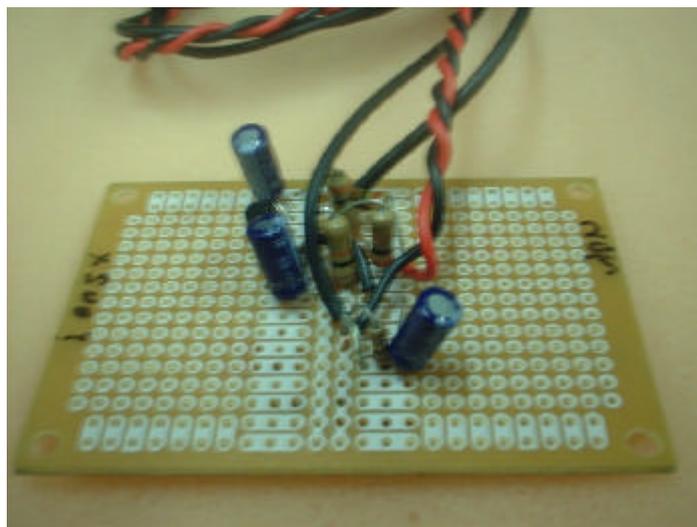
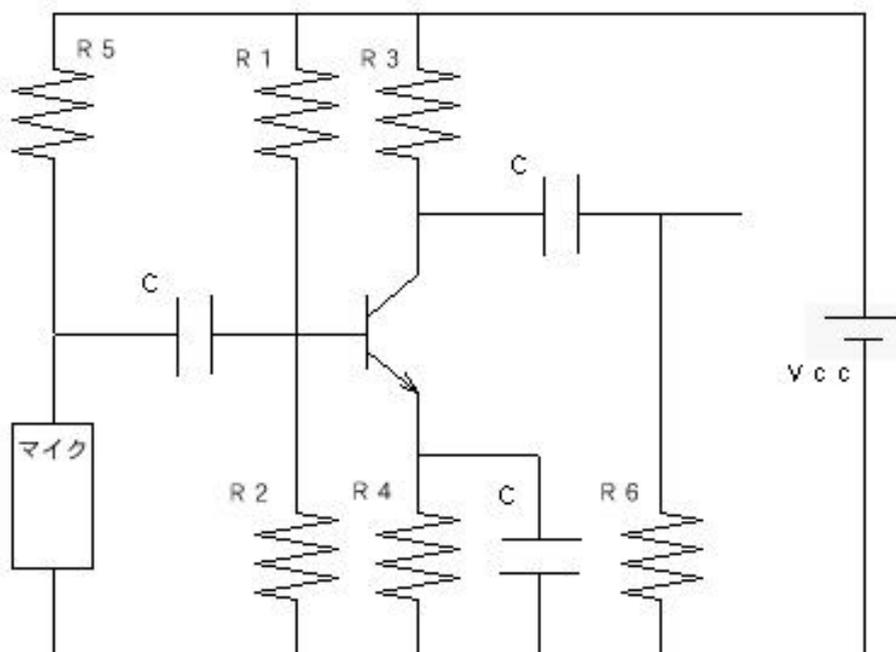


写真3 - 2 . アンプ第二次試作機



R1= 1M	R2= 30 k	R3=300 k	R4= 10 k
R5= 2k	R6= 100 k	C= 10 μF	Vcc= 9 V

図3 - 3 . アンプ第二次試作機

そして、このアンプについては、増幅率、動作状況には問題がなく、実際に使用する際に使う周波数域の増幅率を知るためにも周波数特性を測定してみた所、人間の脈などの入る低周波領域での増幅率が不足していた。周波数特性についてのグラフは図3 - 4に示す。なお、このグラフのもととなるデータの表は付録に添付する。

増幅率を測定した結果、このアンプの周波数特性は、50 Hz から 35 kHz であった。

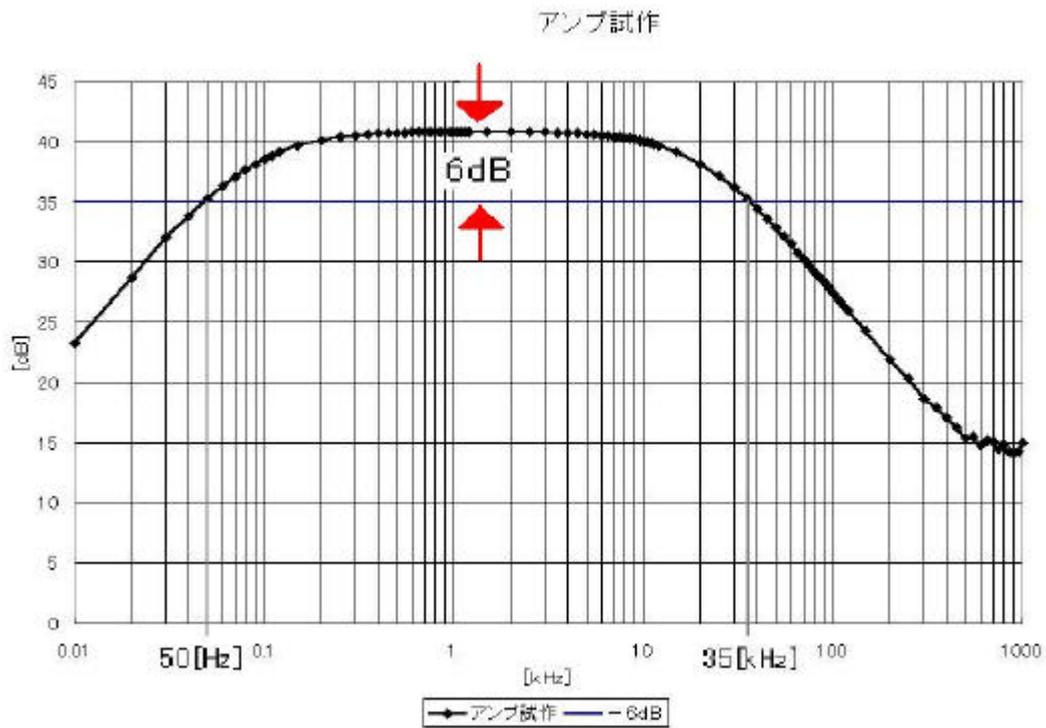


図3 - 4 . アンプ第二次試作機の周波数特性

3.3.アンプ本番用の概要

前節に記した第二次試作機を元に、足りなかった低周波領域での増幅率を上げるために、コンデンサの容量を $10\mu\text{F}$ から、 $220\mu\text{F}$ に変更した結果、低周波領域の周波数特性を 2.2Hz まで拡張した。作成したアンプを写真3 - 3 に、回路図を図3 - 5 に示す。

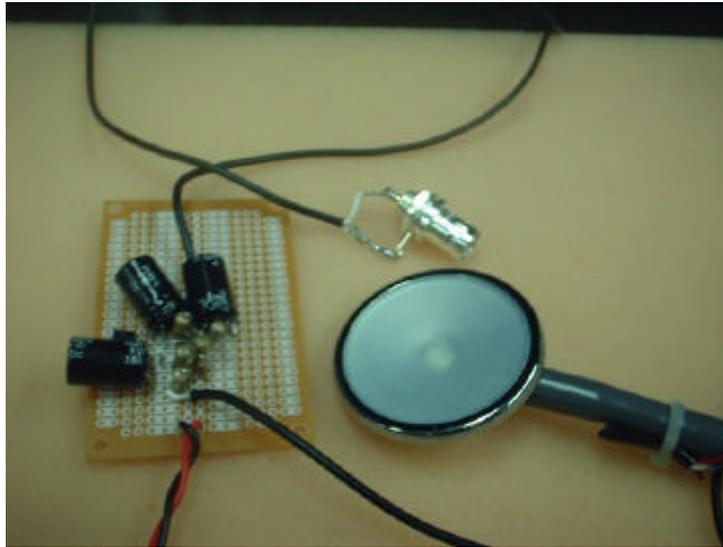
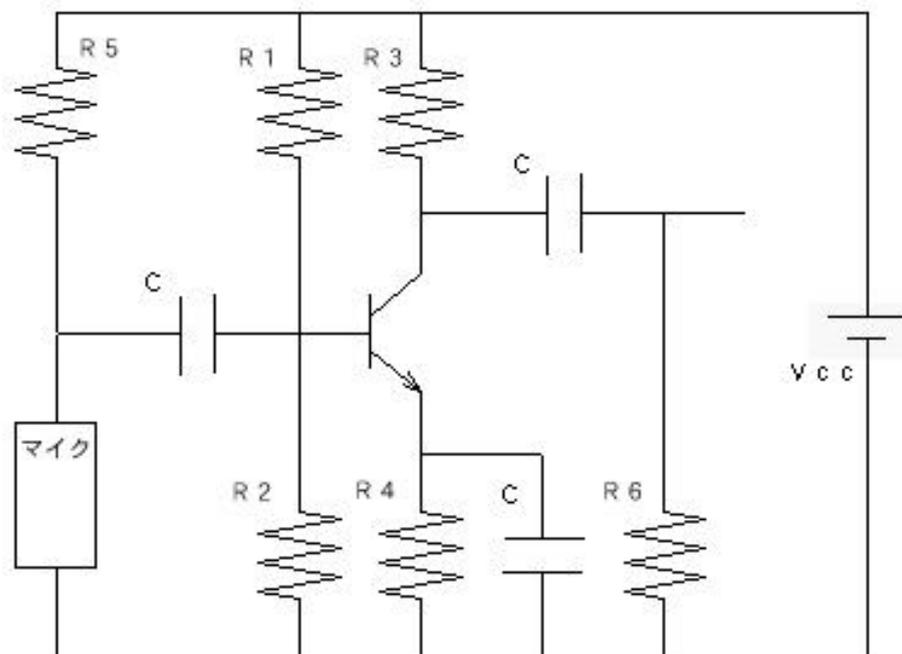


写真 3 - 3 . アンプ本番用



R1= 1M	R2= 30 k	R3=300 k	R4= 10 k
R5= 2k	R6= 100 k	C= 220 μ F	Vcc= 9V

図 3 - 5 . アンプ本番用回路図

このアンプの周波数特性を、調べてみる。周波数特性を出すために採取したデータを

付録 11.1.に添付する。そして、そのグラフを図 3 - 6 に示す。

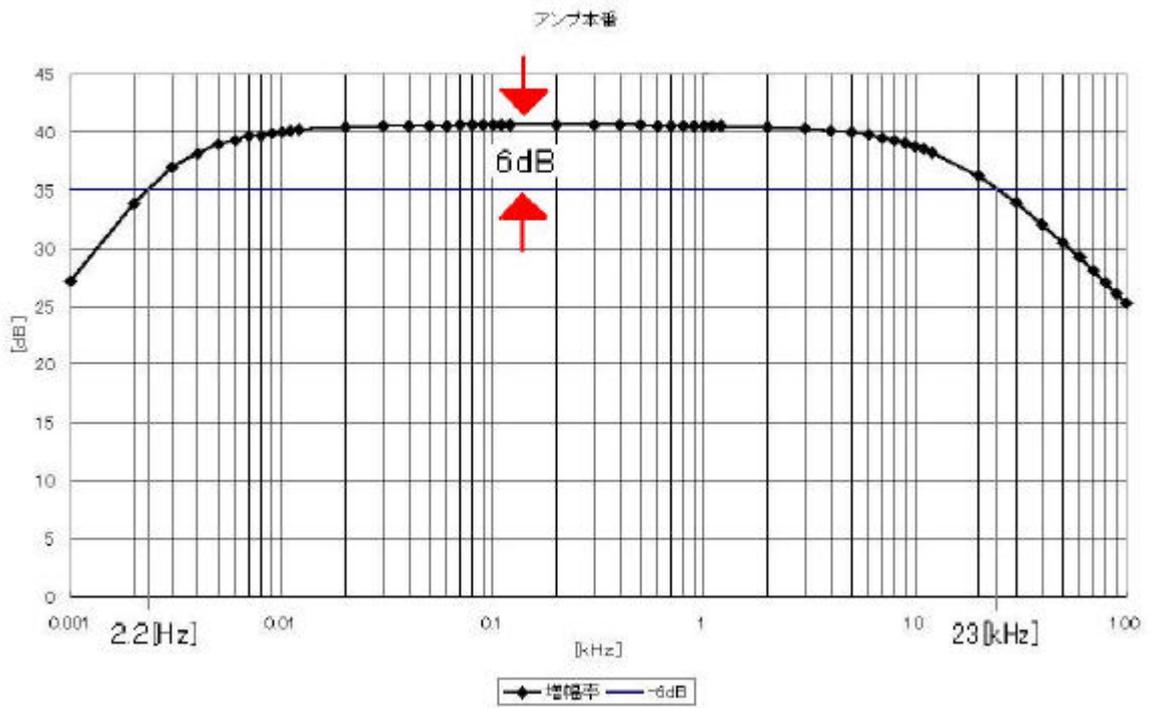


図 3 - 6 . 周波数特性 アンプ本番用

なお、周波数特性を測定した二つのアンプ（アンプ第二次試作機、アンプ本番用）について、比較する。そして、- 6 d B の点を取り、この二つのアンプを使用可能な周波数域を調べたグラフを図 3 - 7 に示す。

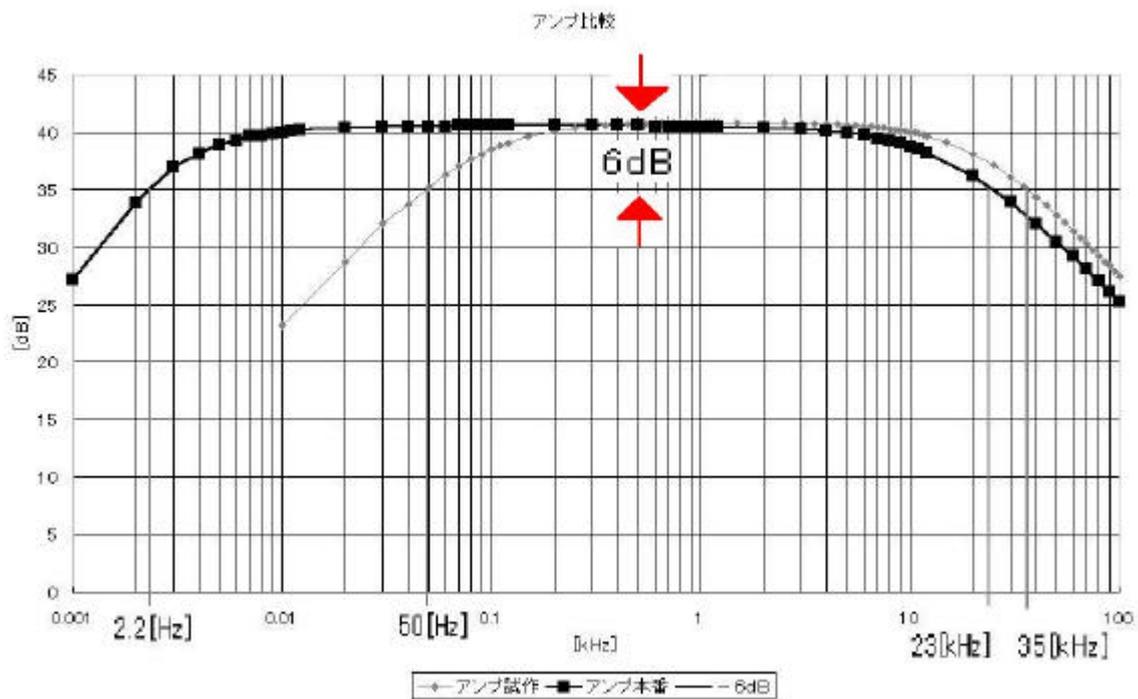


図3 - 7 . 試作アンプと本番用アンプの周波数特性の比較

上記からもわかるように、アンプ第二次試作機の周波数特性は50 Hzから35 kHzであったが、本番用のアンプの周波数特性は、2.2 Hzから23 kHzとなった。

このように、コンデンサの容量を変えることにより低周波域での増幅率の増大に成功した。

なお、雑音対策として、マイク支持台の改良を施した。

1) 聴診器とマイクをつなぐホースを、極限まで短くする。

短くすることにより、ホースが、衣服等とこすれた際に発生する雑音を抑える事ができた。

2) マイクの後ろにキャップをつける。

これをつけることにより、聴診器のホースの密閉度が増す。さらに、マイクのケーブルを保護するケースにもなり、ケーブルの断線などを防ぐ事ができる。

他に、雑音対策として、

- ・ 全体の配線の距離を出来る限り短くする。
- ・ シールド線の使用。

などの改良を行った。

4. A / D 変換

4.1. 使用機器の概要

このシステムで用いた装置はパソコン、電源、アンプ、A / D変換器の4つで構成されている。

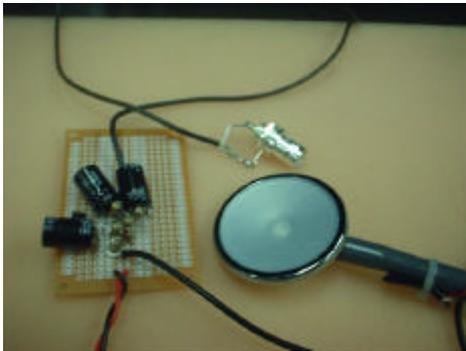
パソコン	アンプ
	
PC - H 9 8 model 7 0	自作のアンプ。 周波数特性、性能等は別記。
電源	A / D ボード
	
Metronix 521C	CANOPUS ADX - 9 8

写真 4 - 1 . 使用機器

4.2.A / D変換方法

マイクから入力され、アンプで増幅された音の信号を、A / D変換ボードを通し、パソコンに入力する。

このA / Dボードで、アナログデジタル変換され、パソコンで動いているプログラムにより、画面へと出力、そしてパソコンにテキスト形式でデータが保存される。

5.実験

5.1.動物の脈動データ

まず、自分の脈の音を増幅し、パソコンに取り込んだ。

脈を取り込んだ画面を下に示す。



写真5 - 1 . モニター画面での脈波形

これは、軽く運動した直後の脈である。画面上にある周波数コードを変更することにより、サンプリング周波数を変更することが可能である。写真は、50Hzで128点サンプリングしているので、画面の端から端までの時間が約2.5秒である。

なお、今回使用した BASIC のプログラムは付録 11.2.に添付する。

このように取り込んだデータを次の項で解析する。

6. データ処理・データ解析

6.1. データ処理

A / D変換され、パソコンに取り込まれたデータをテキスト形式に保存、それをエクセルに貼り付けし、それをグラフ化した。

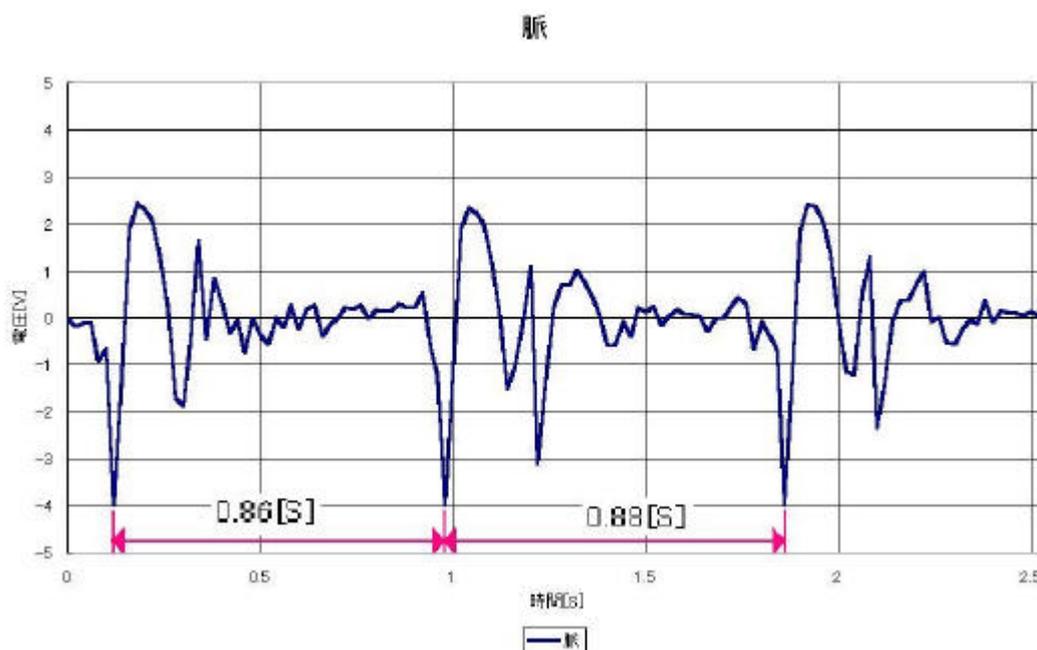


図 6 - 1 . 脈データ (1)

上のグラフはエクセルで出したものを加工し、脈の間隔を書き込んだものである。X軸に関しては、サンプリング周波数は50Hzで、128点取っているので、一点あたり0.02秒である。なお、サンプリング周波数は変更可能で、今回は、見易さを重視したためこのような数値で測定した。

上記のデータをもとに、一分間あたりの脈拍数を計算すると、

$$\text{脈拍数} = 60 / 0.87 = 68.965 \quad 69 \quad (\text{式 6 - 1})$$

となる。

一周期分のデータ43点から求めた周期0.82 [Sec]に置き直すと、データ数をそのサンプリング周波数に合わせて圧縮できることが可能となる。このような処理を行うことにより、長期間のデータ収集が可能となる。

次にサンプリング周波数 33.33 Hz で、128 点測定するプログラムに変更し、約 3 分おきに 100 回データを収集した。一回の測定で、脈の信号のデータがグラフの下部に来る最初の点より前のデータと、最後の点より後ろのデータをすべてカットしたものが下のグラフである。

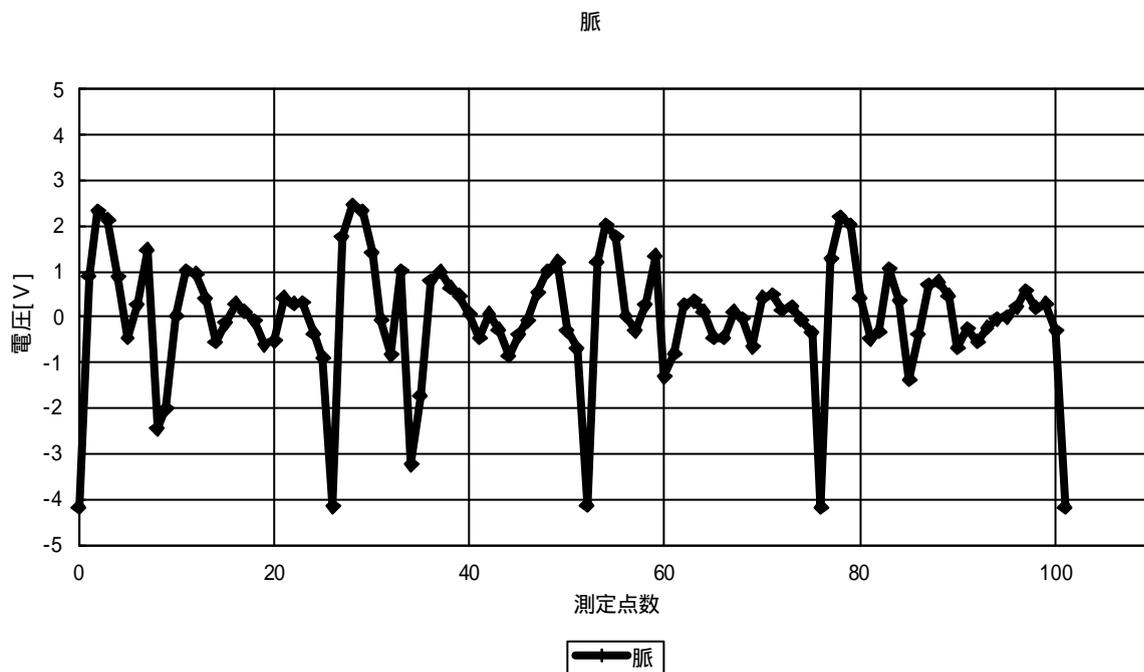


図 6 - 2 . 脈データ (2)

そして図 6 - 2 のように、測定した 100 回分のデータをすべて処理したものを元に、6.2. でデータを解析する。

6.2. データ解析

まず、100 回測定した脈のデータを 1 回ごとに平均をとり、1 分あたりの脈の平均回数をとったグラフを図 6 - 3 に記す。

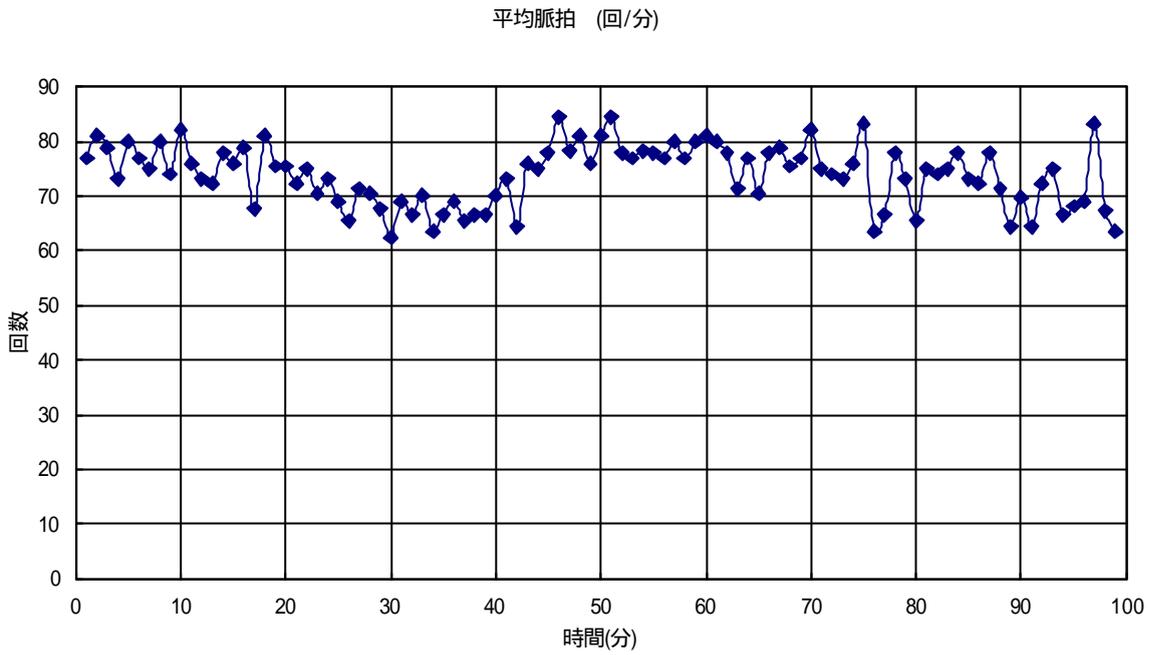


図 6 - 3 . 平均脈拍表

そして、測定点数 1 回分での間隔ごとに脈の回数の分布を下記のグラフに示す。
尚、脈が 1 回打つ間の測定点の間隔を時間 (秒) に直して表記してある。

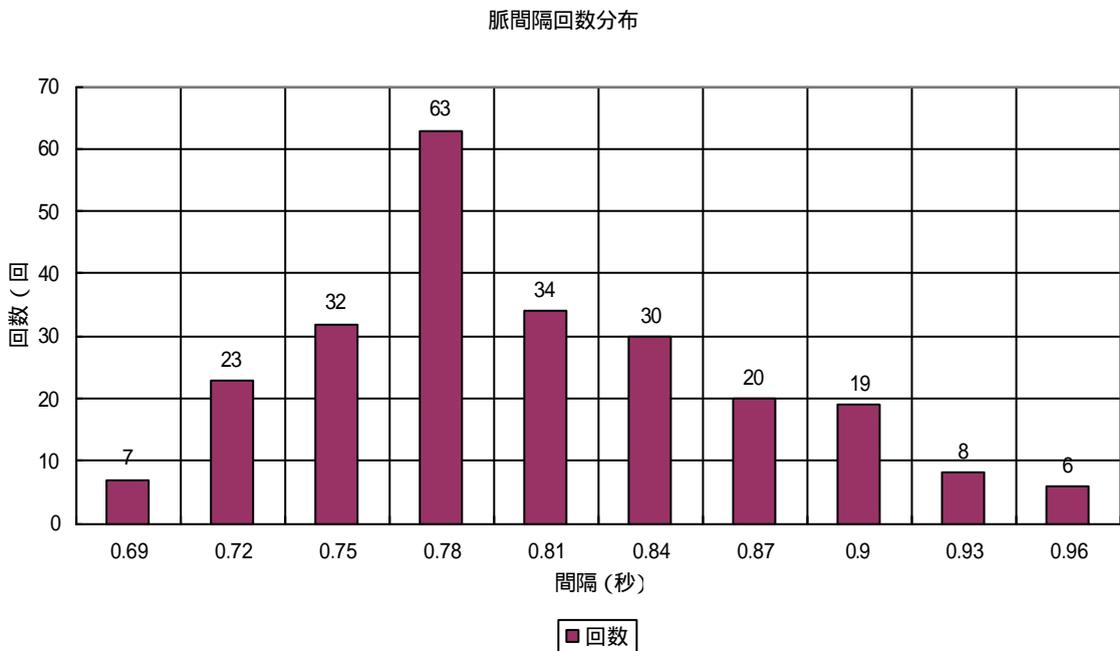


図 6 - 4 . 脈間隔回数分布表

上に記した脈の間隔のデータをすべて平均すると、1回あたりの脈拍の間隔は、約0.81秒となり、一分あたりの脈拍数は、

$$\text{脈拍数} = 60/0.82 = 73.17 \quad (\text{式6-2})$$

となる。

なお、図6-3よりデータを収集した結果、

最高脈拍：84.5 [回/分]

最低脈拍：62.5 [回/分]

5時間安静状態で測定した脈拍は、

±15.0% (±11回/分)

分、変化した。

これは、当初自分が予想していた平常時の脈拍はほとんど変化しないとの先入観を持っていたのだが、大きく変化することが分かった。

長期的な脈拍回数の分布は、長時間における変動の影響を受け、物理的意味のあるデータとはならなかった。意味のあるデータとするには、多量のデータを収集し短時間における分布幅を移動平均的に求める必要がある。そのためにはA/D変換器のデータメモリ数を増加させる必要があることがわかった。

7.まとめ

脈拍の長期間のデータを収集するシステムを開発し、自分の脈拍の経時変化を測定した結果、安静状態にしているにもかかわらず、10 [回/分] 以上の変動があることが分かった。

長期間のデータを収集し、データ処理を行うことの有用性を改めて確認した。

このシステムの開発にあたり、アナログ/デジタル変換システムは多くのノウハウを習得することが必要なことを実感した。

- ・まず、アンプの作成だが、設計ミスに始まり、はんだ付けの甘さ、配線経路の総延長が長かった為による雑音などへの対策等を行った、アンプ自体を記憶にあるだけでも6個以上作り直し、さらに作ったアンプを各一回は改造し、配線経路を極力短くすると共に、ケーブルにはシールド線を用いて低雑音化を達成した。また、何度も作り直すうちにはんだ付けの技術も向上したこともアンプの性能向上に寄与している。

- ・アンプに繋がるコンデンサマイクも、細いケーブルが何度も断線し、修理を何度も繰り返しマイク自体も何度も潰した。断線自体の予防策として、マイクを聴診器とつなぐチューブに入れる際マイクの後ろにつけたキャップなども自作した。その結果、それ以降マイクの断線はなくなったのみならず、聴診器のチューブの摩擦音、振動音による雑音が減少した。

- ・A/D変換した信号をパソコンの画面に出力する際に使われたBASICのプログラムは、初めての体験であったが、波形を画面に表示、データ保存、データ解析等のパソコンを利用した技術を高めることができた。

8.あとかき

最近では、テレビ電話や、インターネットの技術が進歩し、少し体調がすぐれなくても、病院に行かずにテレビ電話などで医師の診断を受ける事ができるサービスなどが開発されたりしている。そのおかげで、医者が少ない地域や、病院に行く手段のない人たちもいつでも簡単に医師の診断を受けることが出来るような日が来ることはそう遠くないはずである。

そもそも、一般家庭にあり、自分の健康状態をチェックできる道具といたら、体温計くらいのものだと思う。家庭医学書などという物もあるだろうが、普通の学生のアパートにそのようなものがあるかと問われると、9割方ないはずである。

しかし、今回の実験をして、こんなに簡単に自分の脈拍を視覚的に確認することが出来、このレベルのものならば簡単に家庭に普及できるのではないかと思った。そのようなことがうまく行けば、上に書いたようにテレビ電話やインターネットでの診察を受けることが出来るという技術に、脈拍をとるということがプラスされ、もっと詳しく診断されるはずである。ただ問題なのは、すでにそのような技術があるのでは、という危惧の念はある。

自分は成績優秀ではなかったので、卒研を開始する時期が遅かったという理由もあり、最初の予定通りに卒業研究ができなかったのだが、それでも、ここまでできたということは自分でも上出来だと思う。

2001.2.9
安澤慎介

9.special thanks

まず、自分の担当教員である河津哲教授、いろいろとご指導いただき、さらにはこんな立派な卒業研究までさせていただいて、大感謝です。

次に、河津研究室の家村伸吾君、石松幸三君、大橋健二君、大畠旬平君、(あいうえお順です。)無知でオバかな自分にいろいろと教えてもらったり、手伝ってもらったり、バカ話に付き合ってもらったり、熱く語り合ったり、で感謝!

隣の部屋であるA353の研究室のみなさんも、いろいろ貸してもらったり、教えてもらったり・・・ありがとう!

そして、いつも顔を合わせる連中! 4年間ありがとう!

最後に、俺の知り合い! みんなありがとう!

普段の生活じゃ、面と向かって言えたりしないので、ここに書かせてもらいました

10.参考文献

- 1)高木茂孝著:"M O S アナログ電子回路"昭晃堂(1998)
- 2)藤井信生著:"なっとくする電子回路"講談社(1994)
- 3)平山静夫著:"B A S I C プログラミング入門"オーム社(1982)
- 4)前野賀彦・高谷富也・三輪浩著:"工学B A S I C"ナカニシヤ出版(1991)
- 5)"A D X - 9 8 H USER'S GUIDE"カノーパス電子株式会社(1990)

11.付録

11.1.周波数特性測定結果

アンプ試作機

周波数特性アンプ1	周波数	入力 V (mV)	出力 V (mV)		d B
	0	6.8	36	35	14.47587
	0.01	7.11	103	35	23.21935
	0.02	7.12	194	35	28.70643
	0.03	7.13	285	35	32.03511
	0.04	7.13	348	35	33.76979
	0.05	7.12	411	35	35.22724
	0.06	7.13	465	35	36.28727
	0.07	7.12	507	35	37.05056
	0.08	7.12	545	35	37.67833
	0.09	7.12	574	35	38.12864
	0.1	7.11	600	35	38.52563
	0.11	7.11	622	35	38.83842
	0.12	7.12	641	35	39.08756
	0.15	7.11	683	35	39.65102
	0.2	7.11	720	35	40.10926
	0.25	7.11	741	35	40.35897
	0.3	7.11	754	35	40.51003
	0.35	7.11	761	35	40.5903
	0.4	7.11	767	35	40.65852
	0.45	7.1	770	35	40.70465
	0.5	7.1	773	35	40.73842
	0.55	7.1	775	35	40.76087
	0.6	7.1	777	35	40.78325
	0.65	7.1	778	35	40.79442
	0.7	7.1	780	35	40.81673
	0.75	7.1	780	35	40.81673
	0.8	7.1	781	35	40.82785

	0.85	7.1	781	35	40.82785
	0.9	7.1	781	35	40.82785
	0.95	7.1	782	35	40.83897
	1	7.1	782	35	40.83897
	1.05	7.1	783	35	40.85007
	1.1	7.1	783	35	40.85007
	1.15	7.1	783	35	40.85007
	1.2	7.1	783	35	40.85007
	1.5	7.1	783	35	40.85007
	2	7.11	783	35	40.83784
	2.5	7.11	781	35	40.81563
	3	7.12	780	35	40.79229
	3.5	7.12	777	35	40.75882
	4	7.12	774	35	40.72522
	4.5	7.12	771	35	40.69149
	5	7.12	767	35	40.64631
	5.5	7.12	763	35	40.60089
	6	7.12	758	35	40.54378
	6.5	7.12	754	35	40.49783
	7	7.12	749	35	40.44004
	7.5	7.13	744	35	40.36967
	8	7.13	739	35	40.3111
	8.5	7.14	734	35	40.23996
	9	7.14	728	35	40.16866
	9.5	7.14	722	35	40.09678
	10	7.14	716	35	40.0243
	10.5	7.14	709	35	39.93896
	11	7.14	702	35	39.85278
	11.5	7.14	695	35	39.76573
	12	7.13	687	35	39.67734
	15	7.11	643	35	39.12683
	20	7.11	574	35	38.14085
	25	7.11	513	35	37.16496
	30	7.11	457	35	36.16093
	35	7.1	411	35	35.25167

	40	7.1	372	35	34.38569
	45	7.1	340	35	33.60441
	50	7.1	311	35	32.83004
	55	7.1	287	35	32.13247
	60	7.1	266	35	31.47247
	65	7.1	245	35	30.75815
	70	7.09	231	35	30.25931
	75	7.09	217	35	29.71627
	80	7.09	205	35	29.22215
	85	7.09	194	35	28.74311
	90	7.09	186	35	28.37733
	95	7.08	175	35	27.8601
	100	7.07	167	35	27.46594
	105	7.07	158	35	26.98475
	110	7.07	152	35	26.64848
	115	7.06	146	35	26.31096
	120	7.06	140	35	25.94647
	150	7.04	115	35	24.2625
	200	7	87	35	21.88842
	250	6.93	72	35	20.33199
	300	6.87	59	35	18.67791
	350	6.79	53	35	17.84812
	400	6.71	48	35	17.09037
	450	6.61	43	35	16.26534
	500	6.49	38	35	15.35078
	550	6.38	38	35	15.49926
	600	6.24	34	35	14.72589
	650	6.12	35	35	15.14633
	700	6.01	34	35	15.05209
	750	5.88	31	35	14.43969
	800	5.75	32	35	14.90964
	850	5.64	29	35	14.22238
	900	5.52	28	35	14.10438
	950	5.42	28	35	14.26317
	1000	5.34	30	35	14.9916

周波数特性測定結果

アンプ本番用

周波数特性アンプ 2	周波数(KHz)	入力 V (mV)	出力 V (mV)		dB
	0	0.5	8	35	8
	0.001	3.5	80	35	27.18043885
	0.002	6.1	300	35	33.83582839
	0.003	6.5	460	35	36.9968895
	0.004	6.8	550	35	38.15707554
	0.005	6.9	610	35	38.92961489
	0.006	7	645	35	39.28923349
	0.007	7.01	673	35	39.64594093
	0.008	7.02	680	35	39.72343601
	0.009	7.03	697	35	39.92554906
	0.01	7.04	707	35	40.03693509
	0.011	7.04	712	35	40.09814669
	0.012	7.04	720	35	40.19519675
	0.02	7.05	740	35	40.42085205
	0.03	7.05	747	35	40.5026297
	0.04	7.05	750	35	40.53744293
	0.05	7.05	751	35	40.5490164
	0.06	7.06	751	35	40.53670472
	0.07	7.05	753	35	40.57211718
	0.08	7.05	753	35	40.57211718
	0.09	7.05	753	35	40.57211718
	0.1	7.05	753	35	40.57211718
	0.11	7.05	753	35	40.57211718
	0.12	7.05	753	35	40.57211718
	0.2	7.04	753	35	40.58444634
	0.3	7.04	753	35	40.58444634
	0.4	7.04	752	35	40.57290363
	0.5	7.04	752	35	40.57290363
	0.6	7.05	751	35	40.5490164
	0.7	7.04	750	35	40.54977208
	0.8	7.04	750	35	40.54977208

	0.9	7.04	750	35	40.54977208
	1	7.04	749	35	40.53818317
	1.1	7.04	748	35	40.52657877
	1.2	7.04	747	35	40.51495885
	2	7.04	741	35	40.44491098
	3	7.05	730	35	40.30267486
	4	7.05	716	35	40.13447811
	5	7.05	700	35	39.93817846
	6	7.05	684	35	39.73733969
	7	7.06	666	35	39.49339056
	8	7.07	650	35	39.26987886
	9	7.07	631	35	39.01219891
	10	7.07	613	35	38.76082121
	11	7.06	594	35	38.49963488
	12	7.05	575	35	38.22957455
	20	7.03	453	35	36.18285754
	30	7.04	350	35	33.9299077
	40	7.03	281	35	32.0350199
	50	7.03	236	35	30.51913356
	60	7.02	203	35	29.22317852
	70	7.02	178	35	28.0816578
	80	7.01	158	35	27.05878138
	90	7.01	142	35	26.13140653
	100	7	129	35	25.30983341

付録

11.2.A / D 変換プログラム

```
1 ' save "ADH4S.BAS",a
1000 '
1010 '   A/D CONVERT PROGRAM BY S.ANZ
1020 '   ( 1チャンネルDMA入力)
1030 '
1040 '   2001.02.09
1050 '
1060 '   Copyright (C) ANZ SOFTWARE.COM
1070 '
1090 '
1100 '   パラメータのセットアップ
1110 '
1120 FQC%   =&H22           ' 周波数コード
1130 CH%    =0              ' チャンネル番号
1140 DLN!   =128           ' データ数 ( 1チャンネル当り)
1150 TRG%   =0              ' トリガ (なし:0 ポスト:1 プリ:2)
1160 COR%   =5              ' 波形の表示色
1180 HRM%   =0              ' ハイレゾモード/ノーマルモー
ド
1190 ADR%   =&HD0          ' ポートアドレスのベース
1200 '
1210 '   ポートアドレスのセットアップ
1220 '
1230 CNTRL% =ADR%
1240 FRQSEL%=ADR%+2
1250 SEQSEL%=ADR%+4
1260 CHSEL% =ADR%+6
1270 BCSET% =ADR%+1
1280 MODE%  =ADR%+3
1290 STAT%  =ADR%
1300 LBYTE% =ADR%+2
1310 HBYTE% =ADR%+4
```

```

1320 SWITCH%=ADR%+6
1330 '
1340 ' ショートプラグの設定の読み込み
1350 '
1360 SSW%=INP(SWITCH%)
1370 IF (SSW% AND &H20) THEN OFB%=1 ELSE OFB%=0 ' O F B / C M P
1390 IF (SSW% AND &H8) THEN DC0%=1 ELSE DC0%=0 ' D M A C H 0 / O T H
1400 '
1410 ' A D X - 9 8 H とハードウェア条件のセットアップ
1420 '
1430 OUT CNTRL%,0
1440 OUT MODE%,0
1470 IF DC0% THEN DCH%=0 ELSE DCH%=3 ' D M A チャンネル番号
1480 '
1490 ' スクリーンのセットアップ
1500 '
1510 CONSOLE ,,0,1:WIDTH 80,25:CLS 3
1520 IF HRM%=0 THEN SCREEN 0,0,0,1:CX%=14:CY%=30 ELSE SCREEN
3,0,0,1:CX%=8:CY%=16
1530 XS%=CX%/2:X1%=CX%*3+1
1560 ZP%=CY%*14.5-1:GA%=8*CY%
1580 GOSUB *SCALE ' 罫線の表示
1590 GOSUB *TITLE ' タイトルの表示
1600 '
1610 ' D M A 転送先の配列の宣言
1620 '
1630 DIM DT%(DLN!-1) ' D M A 転送する配列
1640 OFS!=VARPTR(DT%(0),0) ' 配列のオフセットアドレス
1650 BAS!=VARPTR(DT%(0),1) ' 配列のベースアドレス
1660 IF OFS!<0 THEN OFS!=OFS!+65536! ' 0 ~ 6 5 5 3 5 の数値に直す
1670 IF BAS!<0 THEN BAS!=BAS!+65536! ' 0 ~ 6 5 5 3 5 の数値に直す
1680 DBA!=BAS!*16+OFS! ' D M A ベースアドレス
1690 DBC!=DBA!-INT(DBA!/65536!)*65536! ' 下位 1 6 ビットを求める
1700 DEA!=DBC!+DLN!*2-1 ' D M A 終了アドレス
1710 IF DEA!<65536! THEN *LOOP ' 境界をまたいでいなければO
K

```

```

1720 ERASE DT%
1730 DIM DUMMY%((65536!-DBC!)/2-2)          ' ダミー配列
1740 DIM DT%(DLN!-1)                          ' DMA転送する配列
1750 '
1760 '   メインループ
1770 '
1780 *LOOP
1790 LOCATE 20,23:PRINT "                      ";
1800 '
1810 '   データの入力
1820 '
1830 LOCATE 68,22:PRINT "A / D   ";
1840 ERC%=0
1850 GOSUB *DMASNG
1860 IF ERC%<>0 THEN GOSUB *AERR
1870 '
1880 '   波形の表示
1890 '
1900 LOCATE 68,22:PRINT "表示   ";
1910 CLS 2:X%=X1%
1912 OPEN "ADDATA.CSV" FOR OUTPUT AS #1
1920 FOR J%=0 TO 127
1930   IF TRG%=2 THEN I%=NTOP%-128+J%-INT((NTOP%-128+J%)/DLN!)*DLN!
ELSE I%=J%
1950   IF OFB% THEN DC%=DT%(I%) XOR &H8000 ELSE DC%=DT%(I%) ' CMP に
直す
1960   Y%=ZP%-INT(DC%/32768!*GA%)
1970   IF J%>0 THEN LINE (X%-XS%,PY%)-(X%,Y%),COR%
1972   PRINT #1,J%;",";DC%*(20/65536!)
1980   PY%=Y%
2000   X%=X%+XS%
2010 NEXT
2012 CLOSE #1
2020 '
2030 '   ホールド
2040 '

```

```

2050 A$=INKEY$:IF A$="" THEN *LOOP
2060 IF A$=CHR$(&H1B) THEN *EXIT
2070 LOCATE 68,22:PRINT "ホールド";
2080 *HOLD
2090 IF INKEY$<>"" THEN 2090
2100 A$=INKEY$:IF A$="" THEN 2100
2110 IF A$=CHR$(&H1B) THEN *EXIT
2120 GOTO *LOOP
2130 '
2140 '   終了
2150 '
2160 *EXIT
2170 GOSUB *EOJ
2180 END
2190 '
2200 '   A / D変換エラー
2210 '
2220 *AERR
2230 LOCATE 20,23
2240 IF ERC%=1 THEN PRINT "オーバーランエラー ";;BEEP
2250 IF ERC%=2 THEN PRINT "バンク境界にまたがっています":STOP
2260 IF ERC%>=3 AND ERC%=<4 THEN PRINT "DMAバイトカウンタ異常":STOP
2270 RETURN
2280 '
2290 '   タイトルの表示
2300 '
2310 *TITLE
2320 LOCATE 2,0:PRINT " A/D CONVERT PROGRAM by ANZ"
2330 LOCATE 2,1:PRINT "( 1チャンネルDMA入力 )"
2340 LOCATE 52,3:PRINT "チャンネル番号 = ";;PRINT USING "##";CHN%
2350 LOCATE 52,4:PRINT " 周波数コード          = ";;PRINT
RIGHTS("0"+HEX$(FQC%),2);"h"
2370 RETURN
2380 '
2390 '   罫線の表示
2400 '

```

```

2410 *SCALE
2420 COLOR 4
2430 LOCATE 2, 6
2440 PRINT ". . . . . "
2450 FOR I%=1 TO 15
2460     IF I% MOD 4 <>0 THEN LOCATE 2,6+I%:PRINT" . ":LOCATE
66,6+I%:PRINT" . "
2470     IF I% MOD 4 =0 THEN LOCATE 2,6+I%:PRINT" . ":LOCATE
66,6+I%:PRINT" . "
2480 NEXT
2490 LOCATE 2,22
2500 PRINT ". . . . . "
2510 COLOR 7
2520 LOCATE 0,5:PRINT "チャンネル番号"
2540 LOCATE 0,14
2550 PRINT USING "##";CH%           ' チャンネル番号を表示
2570 RETURN
2580 '
2590 '   終了処理
2600 '
2610 *EOJ
2620 WIDTH 80,25:CLS 3:CONSOLE ,,1,0
2630 RETURN
5000 '
5010 '   D M A 読み込み ( 1チャンネル )
5020 '
5030 *DMASNG
5040 OFS!=VARPTR(DT%(0),0)           ' 配列のオフセットアドレス
5050 BAS!=VARPTR(DT%(0),1)           ' 配列のベースアドレス
5060 IF OFS!<0 THEN OFS!=OFS!+65536! ' 0 ~ 6 5 5 3 5 の数値に直す
5070 IF BAS!<0 THEN BAS!=BAS!+65536! ' 0 ~ 6 5 5 3 5 の数値に直す
5080 DBA!=BAS!*16+OFS!               ' D M A ベースアドレス
5090 BANK%=INT(DBA!/65536!)           ' 上位ビットは D M A バンクレジスタへ
5100 DBC!=DBA!-BANK%*65536!         ' 下位ビットはベースアドレスレジスタ
へ
5102 'LOCATE 0,20                     ' デバッグ用 ( 参考 )

```

```

5104 'PRINT "アドレス =";HEX$(BAS!);"   オフセットアドレス =";HEX$(OFS!)
5106 'PRINT "DMAバンク =";HEX$(BANK%);"   DMAアドレス =";HEX$(DBC!)
5110 DEA!=DBC!+DLN!*2-1                   ' DMA終了アドレス
5120 IF DEA!>=65536! THEN ERC%=2:RETURN ' バンク境界にまたがっているか?
5130 OUT &H15,&H4 OR DCH%                  ' DMAチャンネルをマスク
5140 ' DMAバンクレジスタの設定
5150 IF DCH%=0 THEN BKADR%=&H27 ELSE BKADR%=&H1F+DCH%*2 ' DMA
バンクレジスタ
5160 OUT BKADR%,BANK%                      ' DMAバンクを設定
5170 ' DMAコントローラ(8237A)の設定
5180 ACADR% =DCH%*4+1                      ' アドレスレジスタのポートアドレス
5190 BCADR% =DCH%*4+3                      ' カウントレジスタのポートアドレス
5200 IF TRG%=2 THEN OUT &H17,&H54 OR DCH% ELSE OUT &H17,&H44 OR
DCH% ' モード
5210 OUT &H19,0                            ' first/last FF をクリア
5220 OUT ACADR%,DBC!-INT(DBC!/256)*256     ' ベースアドレス(下位)
5230 OUT ACADR%,INT(DBC!/256)              ' ベースアドレス(上位)
5240 BCUNT!=DLN!*2-1                       ' バイトカウント数
5250 OUT BCADR%,BCUNT!-INT(BCUNT!/256)*256 ' バイトカウント(下
位)
5260 OUT BCADR%,INT(BCUNT!/256)           ' バイトカウント(上位)
5270 ' ADX - 98Hの設定
5280 OUT FRQSEL%,FQC%                      ' サンプリングクロック周波数
5290 OUT CHSEL%,CH%                        ' チャンネル番号を選択
5300 ' サンプリングの開始
5310 OUT &H15,DCH%                          ' DMAマスクを解除
5320 IF TRG%=1 THEN OUT CNTRL%,&H1B ELSE IF TRG%=2 THEN OUT
CNTRL%,&H3B ELSE OUT CNTRL%,&HB           ' サンプリ
ングクロックをスタート
5330 ST%=INP(STAT%)                        ' ステータスを読む
5340 IF (ST% AND &H20) THEN 5330           ' DMAが完了するまで待つ
5350 CCL%=INP(BCADR%)                      ' バイトカウントレジスタを読む
5360 CCH%=INP(BCADR%)
5370 IF TRG%=2 THEN 5400                   ' プリトリガ時は特別
5380 IF (CCL%<>&HFF) OR (CCH%<>&HFF) THEN ERC%=3:RETURN ' バイトカウ

```

ント異常

5390 GOTO 5440

5400 IF (CCL%+1) MOD 2<>0 THEN ERC%=4:RETURN ' バイトカウント

異常

5410 CWC!=CCH%*128+(CCL%+1)¥2 ' 転送残りワード数

5430 NTOP%=DLN!-CWC! ' データの先頭位置

5440 IF (ST% AND &H10) THEN ERC%=1:RETURN ' オーバーランフ

ラグ

5450 RETURN