

マイコン通信を用いた遠隔測定

宮坂 忠昭*・春原真一**

1 緒 言

マイクロコンピュータ（以下マイコン）が各分野に用いられ、その応用が量的質的に拡大充実してきた。使用目的も多方面にわたり、個性化されてきている。例えば、記憶容量を大きくし多量の情報をより高速に処理する一方、複数のコンピュータ間をつなぎ情報の交換をするいわゆるマイコン通信等がそれである。これは、ハードおよびソフト面でもっと容易に扱える環境が整えば、次世代のマイコン利用の中心的位置づけをもつ可能性がある。

先にマイコン通信を教育に利用する簡単な方法を発表したが⁽¹⁾、情報の遠隔地への伝達という機能の他にマイコンの制御という機能を付加して、ある物理量の遠隔測定を試みた。本方法は遠隔地の電気量に変換される全ての物理量例えば温度、時間、計数等の測定の可能性をもっている。これは一見複雑かつ多額の費用が必要と思われるが、BASICを理解する方なら誰でも可能でしかも低額な費用で行える特徴をもっている。図1にシステムの一部を示す。

2 実験方法

2・1 測定内容とその理論

応用物理実験の一項目「剛性率の測定」における周期 $T(s)$ をこの方法によって測定した。

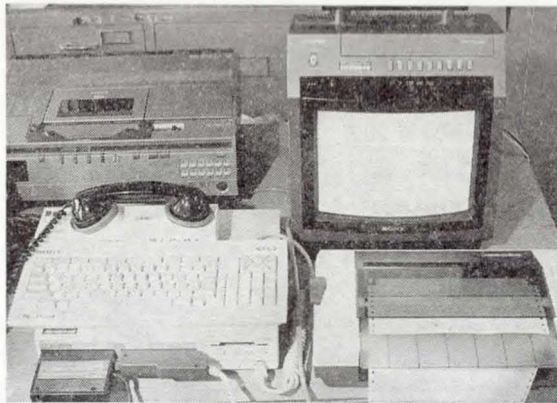


図1 マイコン通信の HOST 側

* 基礎専門 応用物理 教授

** 一般科 物理教室 技官

原稿受付 昭和61年9月30日

詳細な内容については応物実験の専門書に譲るとして、その内容を略記する。円環の振り子を水平、垂直の二つの姿勢で被測金属の針金でつるし、その慣性モーメント (I) と周期 (T) とから剛性率 (n) を求める。基本式は

$$I \frac{d^2\phi}{dt^2} = -k\theta \quad (1)$$

であり、 $-k\theta$ は針金のねじれ応力による力のモーメントである。よって周期は次式で示される。

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{I}{k}} \quad (2)$$

針金の長さ l , 半径 a , その材質の剛性率を n とすれば $k = \pi a r^4 / 2l$ なので

$$n = \frac{8\pi I l}{a^4 T^4} \quad (3)$$

となる。振り子の姿勢を水平、垂直に変えた場合の周期をそれぞれ T_1 , T_2 とすると次式から n が求められる。ここで

$$T_1^2 - T_2^2 = \frac{8\pi l}{n a^4} (I_1 - I_2) \quad \therefore n = \frac{8\pi l}{a^4} \frac{I_1 - I_2}{T_1^2 - T_2^2} \quad (4)$$

$$I_1 = M \frac{b^2 + c^2}{2}, \quad I_2 = M \left(\frac{b^2 + c^2}{4} + \frac{d^2}{12} \right)$$

以上の式における諸量は次のとおりである。円環の質量 M , 外半径 b , 内半径 c , 厚さ d , 針金の半径 a , 長さ l , これらは1/100の精度で測定して、あらかじめマイコンに記憶させておくが、このうち針金の半径 a は式(4)からわかるようにこの測定精度が結果に大きく影響するので1/1000程度の測定精度を必要とする。

2・2 周期 (T) の測定

従来は望遠鏡を通して円環につけたマークの動きを観測し、望遠鏡内の十字線を通過する時刻を10周期ずつ10回測定、記帳し計算で求めた。しかし被測金属にもよるが、周期測定だけで10分～50分(一姿勢で)かかり、このため目の疲労と数えまちがい等によって測定誤差が入り易かった。

このため円環の吊り手の一面にマグネットに貼りつけたミラーを付着させ、他の一面にこれらの慣性モーメントと等しくなるような同様なマグネットをつけてバランスをとった。このことは、吊り手の慣性モーメントを無視できるという本実験の性質上、問題ない。このミラーにレーザ光線を入射させて、反射光を光センサによって電気的信号に変えた。円環のねじれ振動による振れ角 ϕ と時間との関係および光センサからの出力を図2に示す。周期 T_1 を測定するために、偶数あるいは奇数回の信号をクロックを作動させるための予備トリガとして用いるようにした。この信号は測定回数の計数およびレーザ光源を点燈させる目的にも併用される。

2・3 システム

2・3・1 マイコン. 内容が充実し、また安価になった MSX コンピュータ⁽²⁾⁽³⁾を用いた。この BASIC は 8 ビットマシン中でも高速に位置し、ソフトは各メーカ共通で使用可能でハードについても同様である利点をもつ。最大の利点は、大量のアドレス空間を確保するためにスロットの機能をもたせたことであり、4 個の基本スロットのそれぞれに 4 個の拡張スロットを接続すると最大 1M バイトのマイコンになる。このスロットは 50p の端子をもつもので 18(mm) × 108(mm) のカセットテープのケース程度の挿入口を本体の上部あるいは側面にもち、これに自作も含め各種インタ

ーフェース (カートリッジ) を挿入することにより、簡単に周辺装置とアクセス可能となる。これは、従来のマイコンが本体の後方にインターフェース用の端子をおき、しかも各社独自の高価なインターフェース (例えば A/D, D/A 変換器等) を使用せねばならなかったことを考えると、自由な発想でかつ手軽に外部系とマイコンを接続する目的には最も適した機器と考える。HOST 側にはフロッピーディスク (以下 F.D) 内蔵の MSX2 を用いてみた。これは将来プログラムやデータのやりとり (DOWNLOAD, UPLOAD) に備えるためである。TERMINAL 側には、最も安価なかつ小型のものをを用いた。拡張ボックスにより 3 スロット使用可能である。

2・3・2 周辺機器. 図 3 に示すように HOST 側に通常用いられる DISPLAY, PRINTER の他に操作性のよいクイックディスクドライブを用いた。これは記録メディアとして 2.8 インチの両面記録可能なディスクを使用しており、ランダムアクセスは不能なもの 128K バイトの記憶容量をもち、使用すると F.D と変わらない操作性をもつことがわかった。

TERMINAL 側としては、上記 HOST 側の周辺機器の他に MSX スロット用 F.D を採用した。この目的は将来の拡張のためである。本実験の測定目的に合致する入出力用インターフェースを自作した。8255A-5 の PPI を使った一般的回路で、MSX スロットのピン番号さえ間違えなければ容易に作動する。光センサはこの場合 8 個まで独立に使用可能で、出力ポートも 8 個用意しているが、本実験は簡単な制御系なのでそれぞれ一個の使用でよい。なおレーザー光源の制御は本来ならこの出力ポートを使用すべきだが、MSX のカセットインターフェースのモータ on, off 機能がハード、ソフト共に用意されており、リレー使用に好都合なのでこれによった。なお自作入出力インターフェースのモード指定は OUT &H83, &H82 で、入力アドレスが &H81, 出力アドレスが &H80, &H82 である。ステッピングモータ駆動装置は山洋電気の同ドライブ用 IC, PMM8713 を用いて自作した。入力パルスは TTL レベルであり、up, down クロック信号の 2 つで正逆転可能で使い易い。なおこれら駆動パルスは機械語によってつくり、高速性と制御性とを高めた。

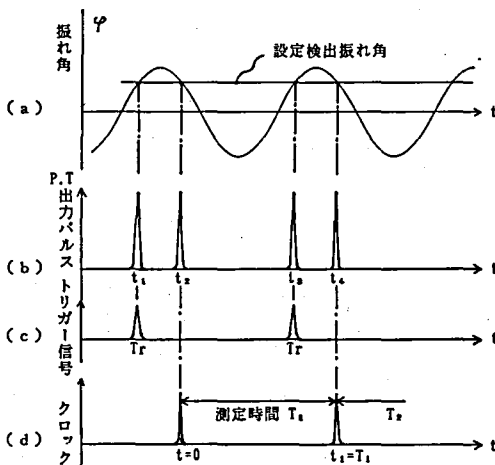


図 2 周期 (T) を測定する過程

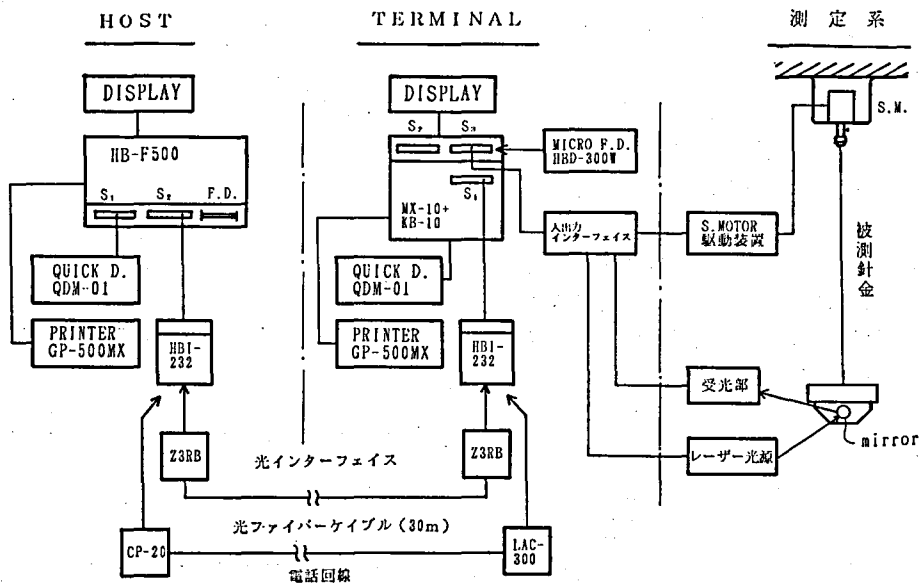


図3 遠隔測定装置の構成

2・3・3 クロック. 周期測定のカロックとして、MSX の内部カロックを使った。これは1/60秒ごとに発生する割込み用の信号を基準としているので、その精度は $1/60=0.013$ 秒程度である。測定周期を $T=10$ 秒とすれば、全測定精度に及ぼす影響は $\pm 2\left(\frac{\Delta T}{T}\right)$ と考えられるので約0.26%で他の物理量の測定を考えれば、満足できるものと思う。しかもっと高精度の測定対象にはこれでは不満足であり、高精度外部カロックを用意せねばならない。

2・3・4 ステッピングモータ. ねじれ振動を開始させるには、円環の縁を両手で触れ中心がずれないように少しずつ回転させ約 90° ずらした後静かにはなす。この操作が意外にむずかしく、慎重に行なってもねじれ振動以外の振動が重合してしまふ。そこで図4に示すように被測定金属の針金をステッピングモータによって回転させて、ねじれによるずれ応力を生じさせた。ステッピングモータの軸に針金をくわえるクランプを取付け、これを天井の鉄製の棧に固定した。これによって任意の時刻に任意の振れ角をマイコン制御によって与えることができる。使用ステッピングモータは、保持トルクが6.0 (kgcm) をもっており、実験の内容から軸の固定としては、問題ないと考えている。

2・3・5 RS-232-C 用モテム. 市販のMSX用RS-232-C用インターフェース(カートリッジ)をHOST, TERMINAL それぞれのスロットに挿入すれば、簡単に相互通信機能をもたせることが可能になる。当初音響カプラを経て構内電話回線を使用したか、伝送速度が最高1200bpsで本実験目的にはやや遅く、また構内の場合ノイズ混入によるエラーがみられたので、高速性と信頼性の高い光インターフェースを用いてみた。図5. プラスチックファイバコードにより最高40(m), 最高19200bpsのボーレートで通信ができる。これは自由に切断可能で静電気や電磁誘導の影響がなく使い易い。ここでは、実験室と研究室

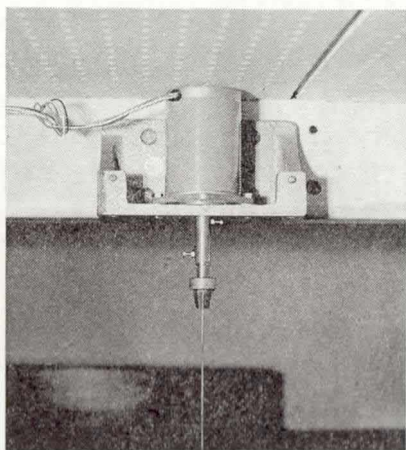


図4 駆動用ステッピングモータ

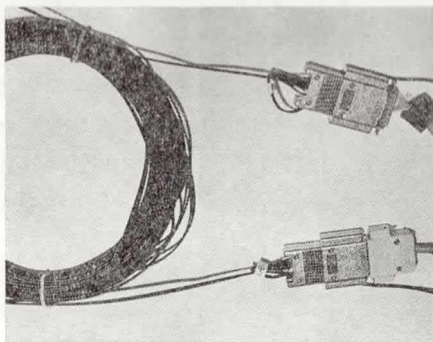


図5 光インターフェース

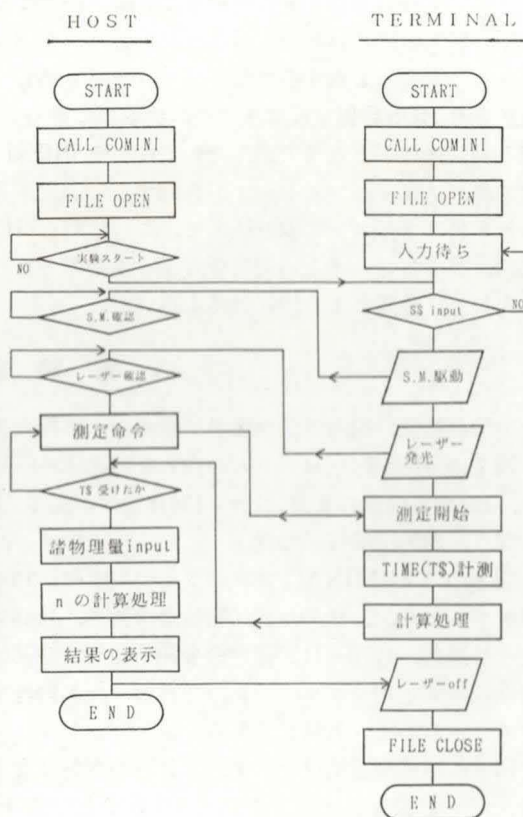


図6 遠隔測定フローチャート

とを 30(m) のそれで結び、19200bps で通信を行なっている。このモデムは、光ファイバを変更することで通信距離をのばせるし、長時間の使用でも性能等に問題なくかつ廉価である。

2・4 遠隔測定用プログラムの構成

2・4・1 MSX 用通信モード. 通信を始める前に送受信の約束ごとつまり通信モードの設定が必要である。本実験では、CALL COMINI ("0: 8N3XNNNN", 19200, 19200, 5) で、RS-232-C のポート 0 を呼ぶのが CALL COMINI ("0: , データ長は 8 ビット: (8), パリティはなし: (N), ストップビットは 2: (3), X on off はする: (X), CS・RS ハンドシェイクはなし: (N), 自動ラインフィード追加削除はなし: (N)(N), シフトインアウトコントロールはなし: (N), 受・送信ポーレートは共に 19200bps : (19200), (19200), タイムアウトは 5 秒: (5) の意味であるが詳細は専門書に譲る。

2・4・2 プログラムのフローチャート. 図 6 にプログラムのフローチャートを示す。マイコン通信における送受信の基本手順は、OPEN (データファイルを蓄積するための、送受信バッファのファイルを開く) から PRINT # または INPUT # (送受信のバッファから送受信のデータを送り出すか受ける) の後、CLOSE (ファイルを閉じる) でデータ通信を終了する。

マイコン通信を行う場合重要なことは、HOST 側で命令を与えた場合、確実に TERMINAL 側に伝達されかつ実行されたかどうか確認することである。このために実行後、単にプログラムのみで返すのではなく(エコーバック)、実行確認のシステムを通した後の情報を返送させ HOST 側で確認後次のステップに進むようにする。これと合わせて、TERMINAL 側の測定操作がどこまで進んでいるのかを HOST 側で把握できるようにする。例えば本実験では、ステッピングモータが作動することで、光センサによる電氣的出力が生ずるので、これを再びマイコンに取り込んで、この情報を HOST に返送すればよい。測定操作の確認には、ディスプレイ上に過程を表示するのみでなく、随所に MSX が特徴とする音楽(音)を入れて、聴覚による情報伝達も用いた。

3 実験結果

実験の結果、遠隔測定を簡単に行うために得た基本プログラムの一部を図7, 8に示す。

図7の HOST プログラムの内容を略記する。10—40初期設定, 50実験開始の許可及び命令, 124測定確認の受領, 125—130測定値の受領, 160—163測定値の処理, 190—200再測定を問う, 220—230終了処理。

図8の TERMINAL プログラムの内容は、10—30初期設定, 40—330 S. M. 駆動用機械語サブルーチン, 1000—1020開始命令待ち, 1040レーザ光 ON, 1050—1065レーザ発光感知とその送信, 1070—1120測定命令開始待ち及び開始, 1155—1210測定値の送信, 1220—1510時間間隔測定用サブルーチン, である。なお剛性率(n)を求めるためのプログラムは発表済みであるので、省略してある。

図9に遠隔測定結果を示す、これらの各値は文字列で送られたものを数値変換してあるので、その結果をさまざまにディスプレイ上で表示しかつ XY プロッタなどで図表化可能である。TERMINAL での測定が終了後、10回の測定値を受領するのに約2.1秒であった。これはほとんど瞬時に感じ、光通信の高速性と信頼性を示している。

```

10 'TEL MEASURING HOST
15 CLS
20 MAXFILES=2
30 CALL COMINI ("0:BN3XNNNN",19200,19200,5)
40 DFEN'COM0:"AS#1
50 INPUT'EXPERIMENT START OK? 1;OK, 2;NO';S#
60 IF S#="1" THEN 70 ELSE 50
70 PRINT#1,S#; PLAY "D4C"
80 INPUT#1,Q#;PRINTQ#;PLAY"Q4E" "DRIVE"
90 IF Q#="LASER EXCITED" THEN 100 ELSE 100
100 INPUT'MEASUREMENT OF TIME INTERVAL OK? 1;OK, 2;NO';M#
110 IF M#="1" THEN 120 ELSE 100
120 PRINT#1,M#
124 INPUT#1,Q#;PRINTQ#
125 FOR J=1TO10
130 INPUT#1,A(J);PRINTA(J);PLAY "D4F";NEXTJ'NDU MEASURING
140 FOR I=1TO200
150 NEXTI
155 PRINT
160 FORJ=1TO10
161 PRINT A(J)
162 NEXTJ
163 PRINT; TAB(10);'MEAN,TI="A(10)/10
190 INPUT 'MEASUREMENT AGAIN? I;YES, 2;NO';A#
200 IF A#="1" THEN 100 ELSE 210
210 'CALCULATION DD
220 CLOSE #1
230 END

```

図7 ホスト用プログラム

```

1000 PRINT:PRINT;"WAITING THE MESSAGE OF START"
1005 OPEN"COM0:" AS #1
1010 INPUT #1,Q#
1020 IF Q#="1" THEN1030ELSE 1000
1030 PRINT"START"
1035 P=INP(&H81)
1040 MOTOR ON
1045 P=INP(&H81)
1060 IF P=&HFE THEN 1065ELSE 1045
1065 PRINT#1,"LASER EXCITED"
1070 INPUT#1,M#
1080 FORI=1TO100
1090 NEXTI
1100 IF M#="1" THEN1110 ELSE1070
1110 S#="NOW MEASURING THE INTREVAL"
1120 PRINT#1,S#
1130 GOSUB1220"MEASURING INTRVAL
1140 Q#="MEASURING WAS DONE"
1155 P#=""
1160 FOR J=1TO10
1165 A(J)=VAL(T*(J))
1170 IF J<10 THEN P#=#+STR*(A(J))+", "ELSEP#=#+STR*(A(J))
1180 NEXTJ
1190 PRINT#1,P#
1210 END
1220 "MEASURING INTERVAL
1310 TIME=0
1320 DINT$(10)
1330 FORJ=1TO10
1340 P=INP(&H81)
1360 IF P=&HFE THEN 1370 ELSE1340
1370 T! =TIME: T! =T!/60:
1380 PLAY"DSC"
1390 A#=#INKEY$
1400 IF P=&HFC THEN1410 ELSE 1390
1405 TIME=0
1410 T*(J)=STR*(T!)
1420 PLAY"DSE"
1430 PRINT "NO: ";J;PRINT"TIME=";T*(J);
1440 BEEP
1450 NEXT J
1460 A=VAL(T*(10));PRINT"MEAN="A /10 ,
1500 LPRINT "MEAN:"A/10
1510 RETURN

```

図8 ターミナル用プログラム

4 結 言

30(m)隔てた研究室間のマイコンを光ファイバを用いた光インターフェースで結び、マイコン通信を用い簡単な遠隔測定を試みた。システムはいたって簡単でしかも廉価に構成されている。プログラムも特別な知識がなくても作成可能であるが、留意点はHOSTとTERMINALが相互の状態を確認しながら進めるようにすることである。

ここでは時間間隔の測定例を報告したが、電気量に変換される物理量は全て本方法が可能でそれらによる制御系を簡単な手段で構築できる発展性をもっている。

参 考 文 献

- (1) 宮坂忠昭：マイコン通信を利用した簡単な応用物理実験，応用物理学会，応用物理教育研究会会報 Vol. 11, No.1 (1986)
- (2) MSX テクニカルデータブック①，KK アスキー
- (3) MSX テクニカルデータブック②，KK アスキー

```

NO: 1
TIME=12.213333333333
NO: 2
TIME=24.433333333333
NO: 3
TIME=36.633333333333
NO: 4
TIME=48.433333333333
NO: 5
TIME=61.033333333333
NO: 6
TIME=73.233333333333
NO: 7
TIME=85.493333333333
NO: 8
TIME=97.703333333333
NO: 9
TIME=109.923333333333
NO: 10
TIME=122.143333333333
MEAN=12.214333333333

```

図9 測定結果(周期T)