



チップマイコンを用いた計測制御システムの試作

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2013-12-11 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 土井, 智晴, 皆川, 公司 メールアドレス: 所属:
URL	https://doi.org/10.24729/00007689

チップマイコンを用いた計測制御システムの試作

土井 智晴* 皆川 公司*

Trial Manufacture of Measurement and Control System using Micro-chip Computer

Tomoharu Doi* and Kouji MINAKAWA*

ABSTRACT

Flexible structures vibrate easily and do not attenuate quickly. Recently, there are many flexible structures in industrial objects. For example, they are very long bridges, very tall buildings, solar cell plates of a space satellite and so on. Then we make an experimental system of such flexible structures. We apply a micro-chip computer to the experimental system. This micro-chip computer is very cheap, and the performance to control a mechanical system is very high. Therefore we propose that this micro-chip computer is a useful device to control a mechanical system.

First, we show the experimental system of a flexible structure. Second, we introduce the small micro-chip computer. Then, we show experimental results which control the flexible structure by the micro-chip computer. Finally, we confirm that this micro-chip computer is a useful device to control a mechanical system.

Key Words: flexible structure, vibration control, micro-chip computer

1 はじめに

柔軟構造物とは地震、風、波のような自然外乱および走行車両のような人為的外乱に対して容易に振動を起し、かつ減衰が小さい構造物である。このような柔軟構造物は近年の産業の発展にともなうビルの高層化や高架橋の巨大化、ロボットの高速度化や人工衛星の軽量化などによって注目される機会が増加してきている。また、そのような柔軟構造物に対してフィードバック制御を施し、振動の抑制を行う研究・開発も数多く行われている [1]。しかし、一般にこのようなフィードバック制御実験装置を製作するには制御対象となる部分（本研究では柔軟構造物）以外に、センサ出力を計算機内に取り込み制御のための演算を行い、その結果をアクチュエータへの指令値として出力する計測制御システムも製作しなければならない。また、そのような市販の汎用装置は非常に高価である（例えば、dSPACE社のリアルタイム制御システム一式の価格は300万円程度）。

そこで、本研究では柔軟構造物の振動実験を行う前段階として、経済的なりスクを抑えた計測制御システムの構築法に

ついて報告する。その計測制御システムには、近年メカトロニクス研究者や企業の開発部門等で注目を集めているマイクロチップコンピュータ H8[2] を採用して、計測制御システムを構築することとした。このマイクロチップコンピュータは、AD変換器、DA変換器、デジタル入出力を標準でもっており、タイマ割り込み処理も行うことができ、計測制御システムを構成する条件を満たしており、さらに価格も4千円程度と利用しやすいという利点も併せもっている。

このマイクロチップコンピュータを用いた制御実験システムの制御対象として柔軟構造物の実験装置を製作し、簡単な動作実験を行うことで、このマイクロチップコンピュータの有用性を確認する。これにより、フィードバック制御に関する卒業研究や学生実験の実験装置製作に対して安価な計測制御システムの構築法のひとつを示すことが本研究の目的である。

2 制御対象：柔軟構造物

製作した実験装置の概観図と構成図をそれぞれ図1と図2に示す。実験装置は高さ900mm×幅1000mm×奥行き300mmの外形でアングル材を用いて製作されている。これに柔軟構造物として長さ1300mm×幅25mm×厚さ2mmのアルミ板を設置している。その柔軟構造物は両端支持されている。力

2001年4月11日受理

* 大阪府立工業高等専門学校 システム制御工学科

(Department of Systems and Control Engineering)

を加えるためのアクチュエータが設置され、その力はシャフトによって伝達される。そのためアクチュエータが一つの支持支点となっている。したがって本装置は連続ばりといえる。そのアクチュエータとして加振器 (IMV 株式会社・PET-05) を用いている。これはフレミングの左手の法則により入力電流に比例した力を発生する装置である。また加振器自体の共振現象による振動により、柔軟構造物との接点はずれる危険性があるので、加振器の下にはばねを用いた横揺れ防止のための台を製作した。また柔軟構造物の振動は、うず電流型の非接触変位センサ (KEYENCE・EX-210) で計測する。

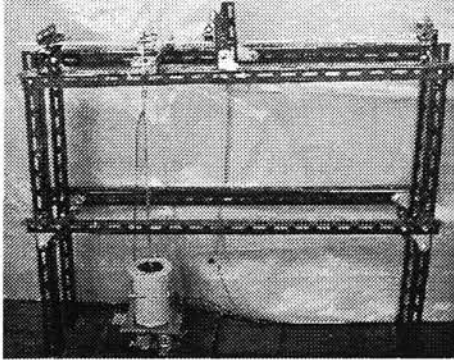


図 1 柔軟構造物実験装置の概観

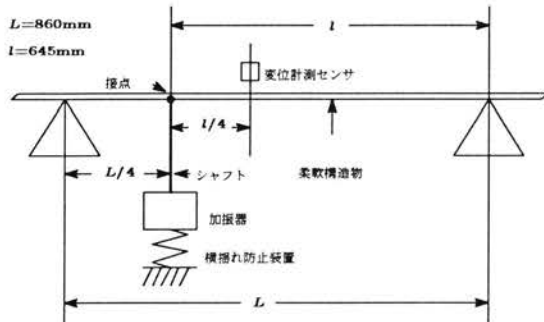


図 2 柔軟構造物実験装置の構成図

3 計測制御システム

3.1 計測システムの構成

実験装置のシステム構成図を図 3 に示す。実験装置の柔軟構造物の上部に変位計測センサをとりつけ柔軟構造物とセンサ間の距離を測定する。その変位をマイクロチップコンピュータ H8[2] (以下、H8 と呼び、その詳細については第 3 章で述べる) の A/D 変換を通して H8 に 10bit で取り込み、H8 のプログラムにより逆波形に相当する力を計算する。それを H8 の 8bit の D/A 変換でオペアンプ回路に出力する。H8 は 0V から 6V の電圧しか出力できないため正負の電圧に変換す

るためにオペアンプの減算回路 [3] を用いた。そしてオペアンプ回路で生成された正負の電圧を電力増幅器 (IMV 株式会社・PET-05A) を通じて加振器に入力し力を発生する。加振器は鋼のシャフトによって柔軟構造物と接続されており加振器が振動するとその振動が柔軟構造物に伝わり、振動を発生するシステムとなっている。このフィードバック制御構造のシステムによって振動を効率的に減少させることを考えている。また実験中のデータをパソコン (Proside・JN5100DSA)

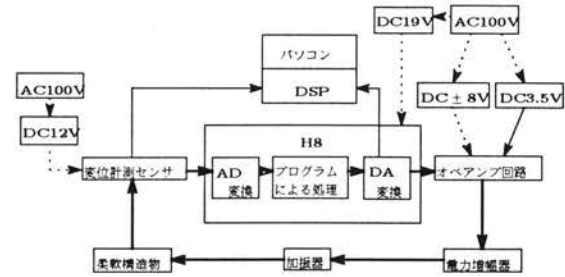


図 3 システム構成図

で電圧変化として観測するために DSP (dSPACE・DS1102) を用いて変位センサとオペアンプ回路からの出力電圧を計測している。オペアンプ回路にはオペアンプ用の $\pm 8V$ の電源 (本校卒業生 [4] 製作) と DC3.5V の減算回路用の直流安定化電源 (サンハヤト・DK-806) を用いている。変位計測センサにも DC12V の直流安定化電源 (TDK・EMR-100) を用いている。その他の使用機器としては開発段階において波形を観測するためにオシロスコープ (IWATSU・DS-8606C) も用いた。

上記の構成はステップ入力を与えた時の特性を調べるための構成である。周波数応答を調べるためのシステム構成はステップ入力の時と基本的な構成は同じであるが、シグナルジェネレータ (IWATSU・SG-4101) からの電圧を H8 と DSP に取り込んでいる点が異なっている。このシグナルジェネレータからの入力電圧と変位センサからの入力電圧を H8 に取り込み、これらから逆波形に相当する力を計算している。

3.2 マイクロチップコンピュータ

従来のマイコンといえば 8bit の CPU を搭載した Z80 規格のものが主流だった。しかし、近年は安価で性能の高い CPU が市販されており、そのような CPU の中のひとつとして H8 がある。この H8 は日立製 16bit の CPU:H8/3048F を使用したマイクロチップコンピュータ [2] であり、その H8 の概観を図 4 とその仕様書を表 1 に示す。H8 はキット (秋月・AE-3048) としても販売されており、その作成は容易に行うことができる。また H8 にプログラムを書き込むライターボードもキット (秋月・AE-H8MB) として販売されている。H8 およびそのライターボードの電源は DC19V の直流安定化電源

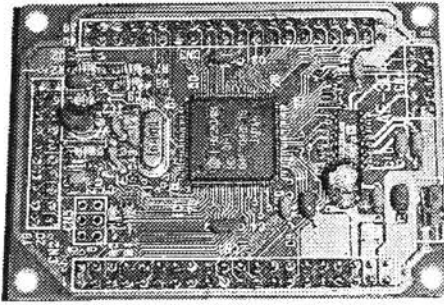


図 4 マイクロチップコンピュータ：H8

(秋月・19V-1.6A スwitching電源) を使用している。このような H8 のプログラム開発に関連するハードウェア及びソフトウェアを全て購入しても 1 万円程度であり、価格的には非常に優れている。

表 1 H8/3048F の主な仕様

メモリ	ROM	128k バイト
	RAM	4k バイト
周辺回路	ITU	16 ビットタイマ× 5ch
	TPC	4ch パルス出力
	WDT	ウォッチドックタイマ
	SCI	独立 2ch
	A/D 変換器	10 ビット分解能× 8ch サンプルホールド内蔵
	D/A 変換器	8 ビット分解能× 2ch
	I/O ポート	入出力端子 78 本 (最大)

3.3 計測制御プログラムとねらい

本実験ではふたつの計測制御プログラムを C 言語で開発した。なお、ソフトウェア開発は、インターネット上で公開されている『ホームページ：熊谷研究室』[5] を参考にして行った。

ひとつめの計測制御プログラム Step は、単入力単出力の制御実験が可能かを確認することを目的に開発することとした。この単入力単出力の動作確認実験として、製作した柔軟構造物に対して比例制御を適用し、ステップ入力を加えることとした。

ふたつめの計測制御プログラム Freq は、多入力単出力の制御実験が可能かを確認することを目的に開発することとした。この多入力単出力の動作確認実験として、製作した柔軟構造物に対して比例制御を適用し、外部からの正弦波信号を入力を加えることとした。これにより、AD 変換器をふたつ使用することとなり、このシステムの多入力単出力システムへの拡張の可能性を確認できる。

なお、一般には、振動系に対する振動抑制制御の基本は速度制御を適用することが知られている。しかし、本研究では、計測制御実験システムの構築法の提案が主眼であるので、近

似微分や外部フィルターの設置が必要となる速度制御器の適用は避けることとした。

4 動作確認実験

4.1 ステップ入力を与えたときの動作

プログラム Step を用いて柔軟構造物にステップ入力として重りを糸により吊るし、その糸を切断することでステップ入力を加える。その時の柔軟構造物の振動の変化を変位計測センサで計測する。まず最初に制御なしの状態で行い、次に比例制御器による制御実験を行う。また、そのときの比例ゲインは強、中、弱の三段階で行う。この 4 つの実験結果をまとめたものを図 5 に示す。図の縦軸は電圧としている理由は、センサからの出力電圧が 0 から 5V に収まっている必要がある、それを確認するためである。なお、電圧から変位 (単位は m) に変換するには、 $z(t) = 2 \times 10^{-3} V(t)$ を適用すればよい。

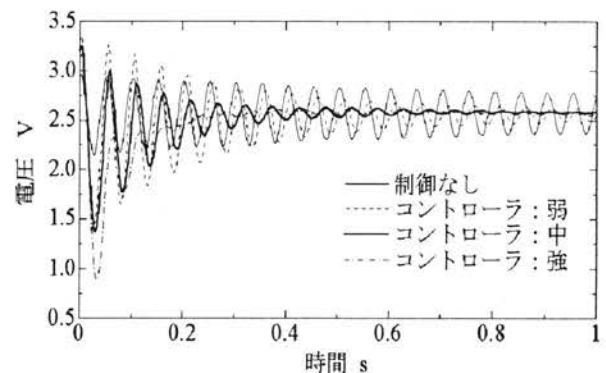


図 5 ステップ応答実験

制御なしの状態と比べて比例制御器を適用した場合には、固有振動数が少し変化していることがわかる。また、比例ゲインが強いほど共振周波数の変化が大きくなることがわかる。

この結果より、ゲインを大きくすると共振周波数が変化することが確認できる。これは振動系に対して比例制御を適用した場合の一般的な結果と一致する。よって、今回製作した計測制御実験システムはフィードバックコントローラとして機能していることが確認できた。

4.2 周波数応答特性の測定

次にプログラム Freq を用いて前節と同様の柔軟構造物の比例制御を適用した場合の周波数特性を測定した。この測定には、外部に設置したファンクションジェネレータからの信号を今回製作した計測制御実験システムに入力する必要がある。このように実際の計測制御実験では多入力多出力のシス

テムとして機能する必要がある、この節では、2入力単出力の一例と考えている。

制御対象を製作した柔軟構造物とし、測定する周波数は0Hzから100Hzとした。その計測結果を図6に示す。この図からも比例制御の適用により、固有振動数が変化していることが確認できる。

これより、今回構築した計測制御実験システムはソフトウェア開発により、2入力単出力のシステムとして機能していることが確認できる。よって、この結果から今回のプログラムを拡張すればH8がもつ入力端子数8チャンネルを入力とした8入力単出力の計測制御実験システムは容易に構築できることがわかった。また、出力部のプログラムを新たに開発することにより、出力端子数2チャンネルを活用した8入力2出力の多入力多出力の計測制御系が構築できると考えられる。

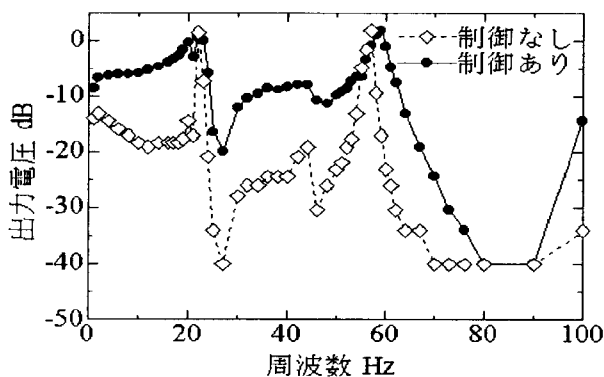


図6 比例制御適用時の周波数特性

5 おわりに

本研究では、近年注目を集めているマイクロチップコンピュータH8を用いた安価な計測制御実験システムの構築法を示した。その際、簡単な柔軟構造物の実験装置を製作し、その制御対象に比例制御を適用した。その結果、振動系へ比例制御を適用した場合の一般的な知見として知られている固有振動数の変化をステップ入力動作確認実験により確認した。

また、比例制御適用時に固有振動数が変化することを周波数応答法で計測するため2入力1出力の計測制御実験システムを構築し、多入力単出力のシステムとして機能することを確認した。この結果を拡張することで、H8を用いた場合8入力単出力のシステム構築は容易であると考えられ、出力部を改良したプログラムを開発すれば8入力2出力の計測制御実験システムの構築も困難では無いと考えられることがわかった。

したがって、このマイクロチップコンピュータH8は計測制御実験システムを安価に構築する方法のひとつとして有用であることが、柔軟構造物に対する比例制御適用動作実験により確認できた。

参考文献

- [1] 背戸一登: 分布定数形構造物のモデリングとアクティブ振動制御, 計測と制御, 第37巻第8号, 546/552(1998)
- [2] HITACHI:H8/3048F-ZTAT ハードウェアマニュアル, 569/586
- [3] 雨宮好文, 藤原修: インターフェースの電子回路入門, 7/22(1984)
- [4] 山崎香織: 倒立振子の制御, 大阪府立工業高等専門学校機械工学科卒業研究報告書(1993)
- [5] 熊谷和志: ようこそ! 熊谷研究室, <http://www.sendai.ac.jp/~ckuma/micom/>

付録: 加振器が出力する波形について

本実験で用いたアクチュエータが出力する波形について考察する。いま変位センサと柔軟構造物の距離を $z(t) = \sin(\omega t)$ と仮定する。その距離 $z(t)$ がH8に入力され、H8で反転され電圧として出力される。このときのH8からの出力電圧 $v(t)$ は比例定数 k_1 を用いて $v(t) = -k_1 \sin(\omega t)$ と表現される。これが電力増幅器によって増幅され、アクチュエータである加振器の端子電圧として出力される。電力増幅器による増幅率を k_2 とおくと、加振器へ出力される電圧は $e(t) = -k_1 k_2 \sin(\omega t)$ である。ここで加振器は電流に比例した力を発生する。しかし加振器の回路としてコイルがあるためコイル電流の位相は $\pi/2$ 遅れる。したがってコイル電流は電流 $i(t)$ と電圧 $e(t)$ との関係は $i(t) = k_3 e(t)$ とおくと $i(t) = -k_1 k_2 k_3 \sin(\omega t - \pi/2)$ である。よって実際に加振器より発生される力 $F(t)$ はコイル電流 $i(t)$ との比例定数を k_4 とおくと、 $F(t) = -k_1 k_2 k_3 k_4 \sin(\omega t - \pi/2)$ である。いま $F(t) = m a(t)$ とおくと $m a(t) = -k_1 k_2 k_3 k_4 \sin(\omega t - \pi/2)$ であり、 $a(t) = -k_1 k_2 k_3 k_4 \sin(\omega t - \pi/2)/m$ である。この $a(t)$ を二回積分すると柔軟構造物に加えられる接点の変位 $w(t)$ になる。

これを式であらわすと振動波形と加振器から出力される力は次のようになる。

$$z(t) = \sin \omega t \quad (1)$$

$$f(t) = -k_1 k_2 k_3 k_4 \sin(\omega t - \pi/2) \quad (2)$$

いま、ニュートンの第1法則を仮定し、接点の加速度を $a(t)$ として

$$f(t) = m a(t)$$

接点変位 $w(t)$ を求めると

$$m a(t) = -k_1 k_2 k_3 k_4 \sin(\omega t - \pi/2) \quad (3)$$

$$a(t) = -k_1 k_2 k_3 k_4 \sin(\omega t - \pi/2)/m \quad (4)$$

$$\int \int a(t) dt dt = k_1 k_2 k_3 k_4 / m \omega^2 \sin(\omega t - \pi/2) \quad (5)$$

となる。ここで式を簡略するために定数を

$$K = k_1 k_2 k_3 k_4 / m \omega^2$$

とおくと

$$w(t) = K \sin(\omega t - \pi/2)$$

となる。

また、今回の柔軟構造物ではセンサの取り付け位置がアクチュエータからの力が作用する点とは異なる位置に設置したためノンコロケイトな制御対象となっているが、変位センサで計測された正弦波 $z(t)$ に対して位相が $\pi/2$ 遅れた正弦波が加振器によって柔軟構造物の接点変位 $w(t)$ として出力されると考えられる。