

4. 技術資料

4.1 はじめに

今回は理研精機社製アクチュエータおよびコントローラを用いたデジタル制御の手法を紹介する。この解説書は大学院博士課程 3 年生の党紀君がまとめてくれたもので、実際に学生等に使ってもらって手直しし、もう少し完成度を高めたかったが、十分な時間がとれなかったため、70点合格主義でともかく載せることにした。ご意見が頂けると幸いである。次年度に、本稿を改善し、さらに理研精機社の解説部分を合わせて、別冊にしてまとめる予定である。

4.2 理研社製静的アクチュエータの PC による自動制御

4.2.1. 実験装置

デジタル糸巻き変位計などの外部変位計を用いるアクチュエータ(油圧シリンダー型の実験加振器)の自動制御は下記の装置が必要となる。

① アクチュエータ

アクチュエータは理研(RIKEN)製静的アクチュエータを用いる, 図 1.1 に示すのは 200t のアクチュエータの例であり, 性能を表 1.1 に示す。アクチュエータの出力はサーボ弁で制御し, 載荷力はロードセルで計測できる。

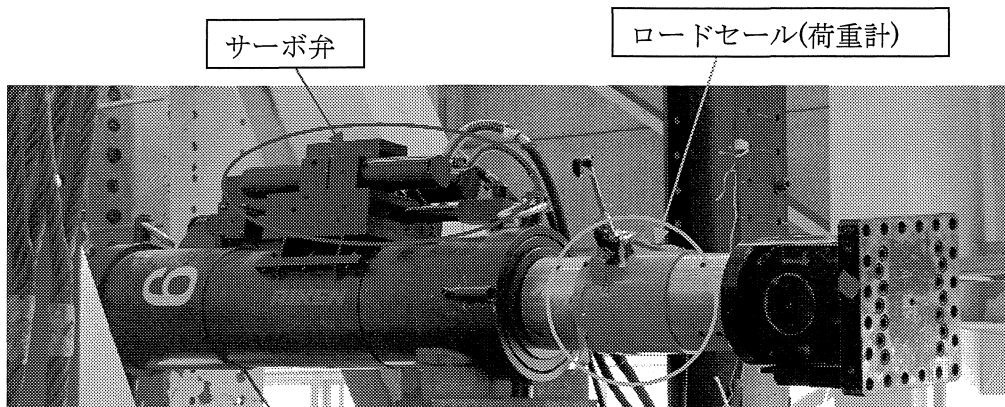


図 1.1 理研製 200t アクチュエータ

表 1.1 理研製 100t、200t、400 t アクチュエータの基本性能

アクチュエータ	全長 L (mm)	シリンダ能力		シリンダ フルストローク (mm)
		圧縮 (kN)	引張 (kN)	
1000kN アクチュエータ	3234	1000	500	600
2000kN アクチュエータ	2623	2000	1000	800
4400kN アクチュエータ	2150	4400	2200	1000

② デジタル糸巻き変位計

デジタル変位制御はアクチュエータの内部変位計を使わず、外部デジタル糸巻き変位計を用いる。MUTOH 製デジタル糸巻き変位計を図 1.2 に示す。この変位計のストロークは 1000mm である。

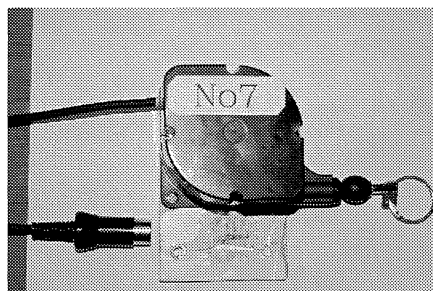


図 1.2 デジタル変位計

③ コントローラ

コントローラはアクチュエータとデジタル変位計とつなぎ、変位計で計測した現在変位とパソコンからもらった指令変位と比較し、サーボ弁でアクチュエータの油圧を調整して、指令変位に到達させる。

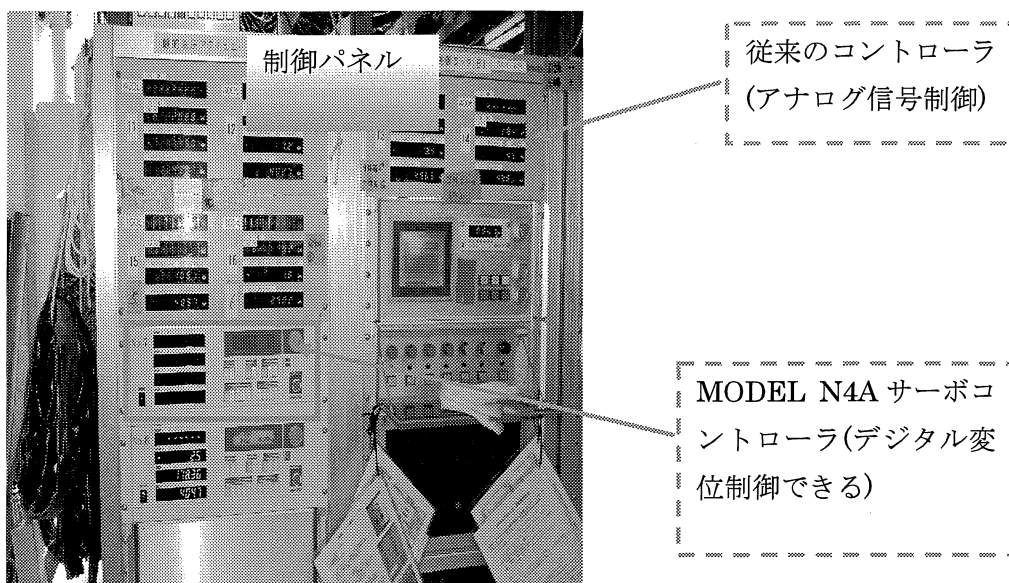


図 1.3 制御パネルとコントローラ

④ 制御パソコン

自動制御用のパソコンを図 1.4 に示す。制御コントローラと通信するために、制御パソコンには図 1.5 に示した RS-232C 通信ポートが必要となる。

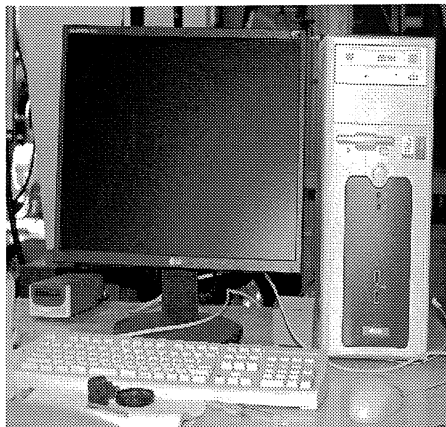


図 1.4 制御用パソコン(2008 年)

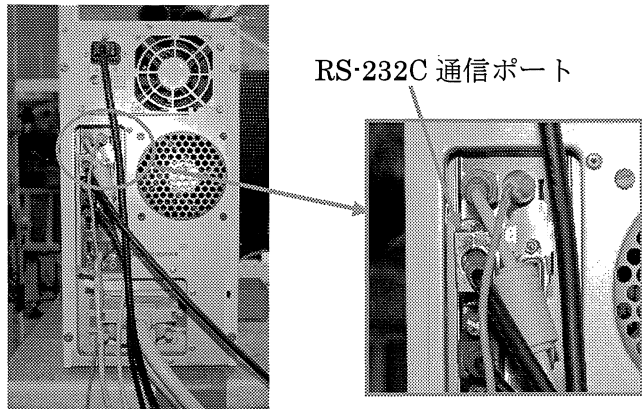


図 1.5 制御用パソコンの背面

注意：

自動制御プログラムを作成する前に、パソコンには Visual Basic 6.0 をインストールすることおよび Rs-232C 通信用 ActiveX コントロール prjRsHyd.ocx を用意することが必要である。

4.2.2. アナログ制御（既設）からデジタル制御への改線

既に設置されているアクチュエータのコントローラの番号は#1～#6（制御ラック A）および#11～#16（制御ラック B）であるが、デジタル制御に用いる新設のコントローラの番号は#7、#8 である。図-2.1 は新設コントローラを用いる場合、コントローラの配線を切り替えることを示し、図-2.2 は通信ケーブルの配線、図-2.3 はデジタル変位計とコントローラ間の配線を示す。

(1) コントローラの配線

新しいコントローラを用い、デジタル制御を行う前に、既設コントローラ（図-2.1 (a)）につながっている信号線を新

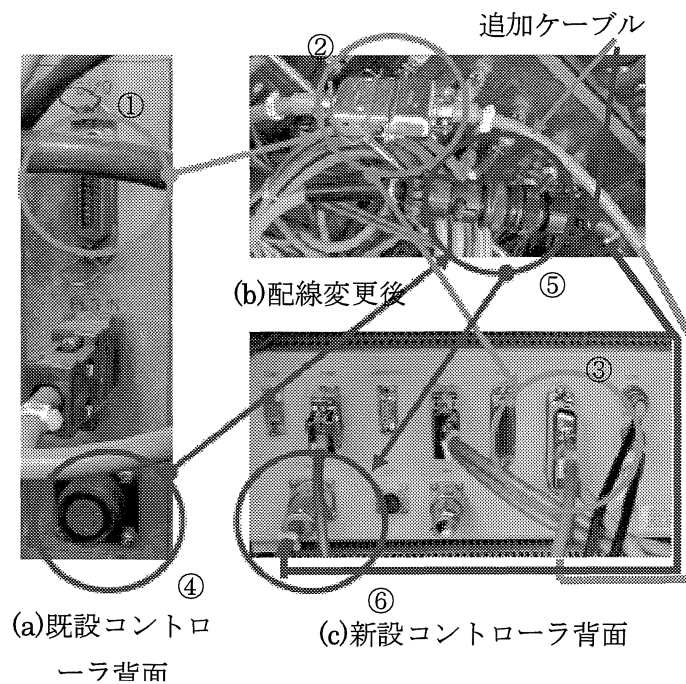


図-2.1 制御パネル切替配線写真

しいコントローラ（図-2.1 (c)）に切り替えて接続する。

切り替える必要がある信号線は2か所
にあり、それぞれ図-2.1 (a) の①に示す
長方形の【DI/O】信号線、および④に示す
円形の【HYD】信号線である。

実験の直前には、この2つの信号線を既
設コントローラから外し、図-2.1(b)の②
と⑤に示すように、追加ケーブル、すなわ
ち新しいコントローラと接続するための
延長線と接続するだけで、制御信号は新し
いコントローラに送れるようになる。

ただし、追加ケーブル（延長線）は、図
-2.1 (c) のように、新しいコントローラ
につながっていることを実験前に確認す

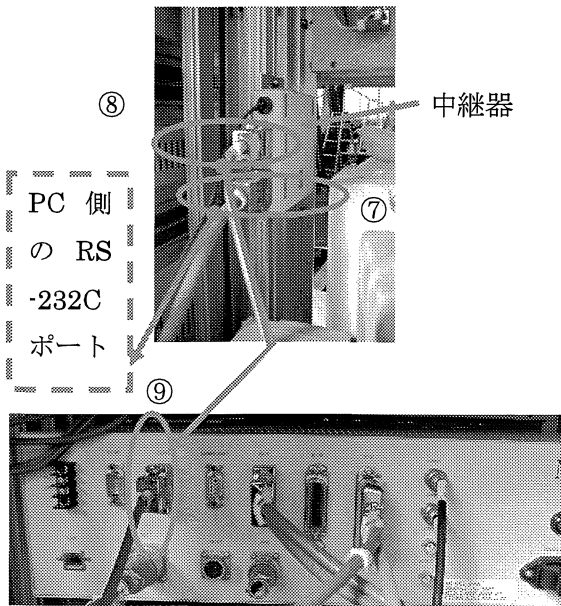


図-2.2 通信ケーブル配線写真

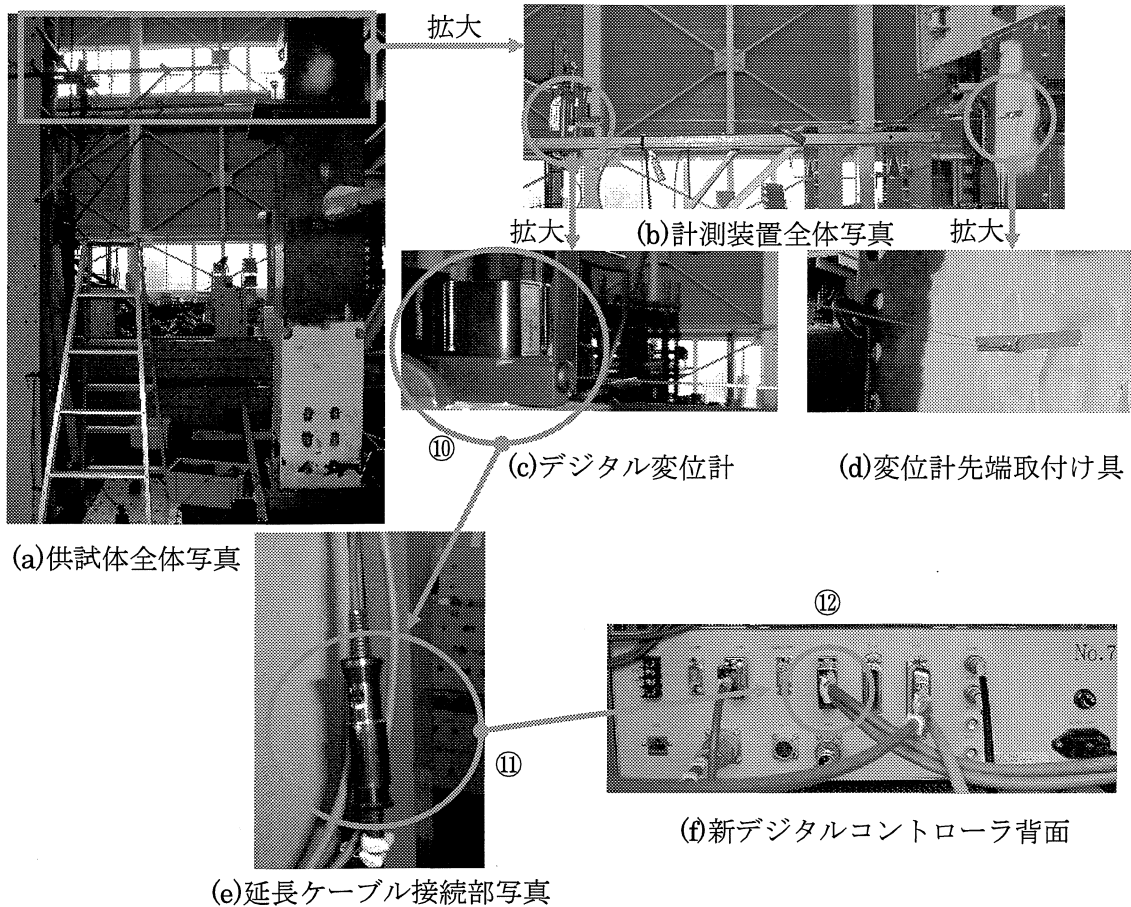


図-2.3 デジタル変位計 - コントローラ間配線

ることが大切である。

(2) 通信ケーブル(パソコンと中継器間ケーブル)

複数のコントローラは制御パソコンと正しく通信するために、図-2.2に示す⑦、⑧、⑨の接続を確認する。

(3) デジタル変位計と追加コントローラ間

アクチュエータと供試体間の定着や、アクチュエータを支える反力構造の変形など、実験中のアクチュエータの伸縮量は、供試体の変位と必ずしも一致しないことが一般である。アクチュエータの変位ではなく、供試体の変位を測りながら、実験機器を制御することが望ましい場合が多い。したがって、通常は、アクチュエータを制御する指標として、図-2.3に示すように、デジタル変位計と供試体をつなぎ、直ちに供試体の変位値を用いて制御を行う。

変位計の配置は、図-2.3(b)，(c)，(d)を見れば分かるように、それぞれ、変位計を実験中の不動と見なせるところに固定し、変位計の糸の一端を供試体に取り付ける。ただし、変位計の糸の伸縮量は1000mmであり、実験のはじめの初期状態として、500mmの糸が引き出されると、±500mmの変位を測ることができる。また、供試体と糸の定着は十分であることを実験前に確認することが大切であり、糸の先端が実験途中で供試体からはずれたときには、アクチュエータが暴走する。

実験するまえに、デジタル変位計の信号線を、同図の(e)に示すように、延長線とつなぎ、また、延長線は正しいコントローラの正しい位置に(同図(f)に示し)接続されていることを確認する。

4.2.3. 自動制御プログラムの作成

自動制御プログラムの作成は、下記の手順で行う。

(1) VisualBasicで“EXE”プロジェクトの作成

- a. WindowsXpを起動して、VisualBasic6.0を開く。

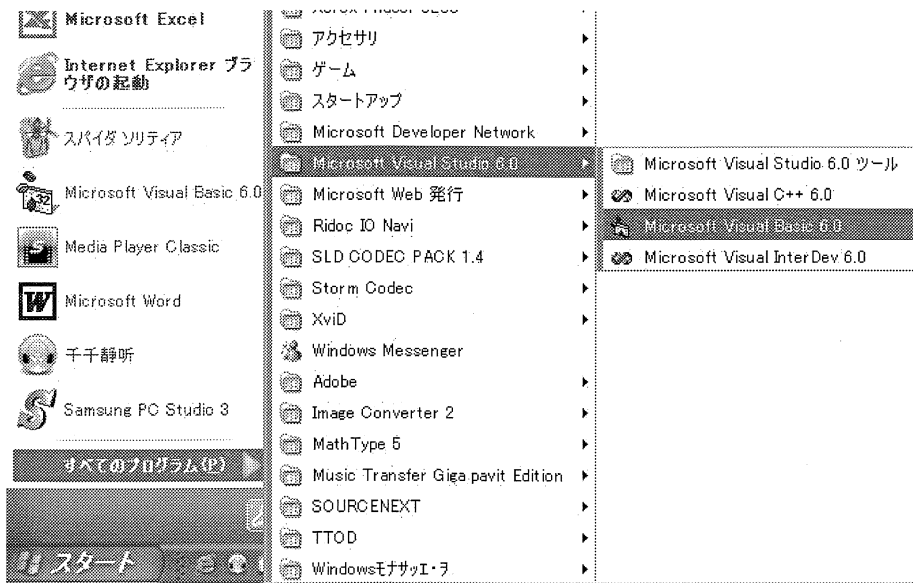


図 3.1 VisualBasic の起動

- b. 新しいプロジェクトの中で“標準 EXE”を選択して，“開く(o)”をクリックする(図 3.2 に示す)。

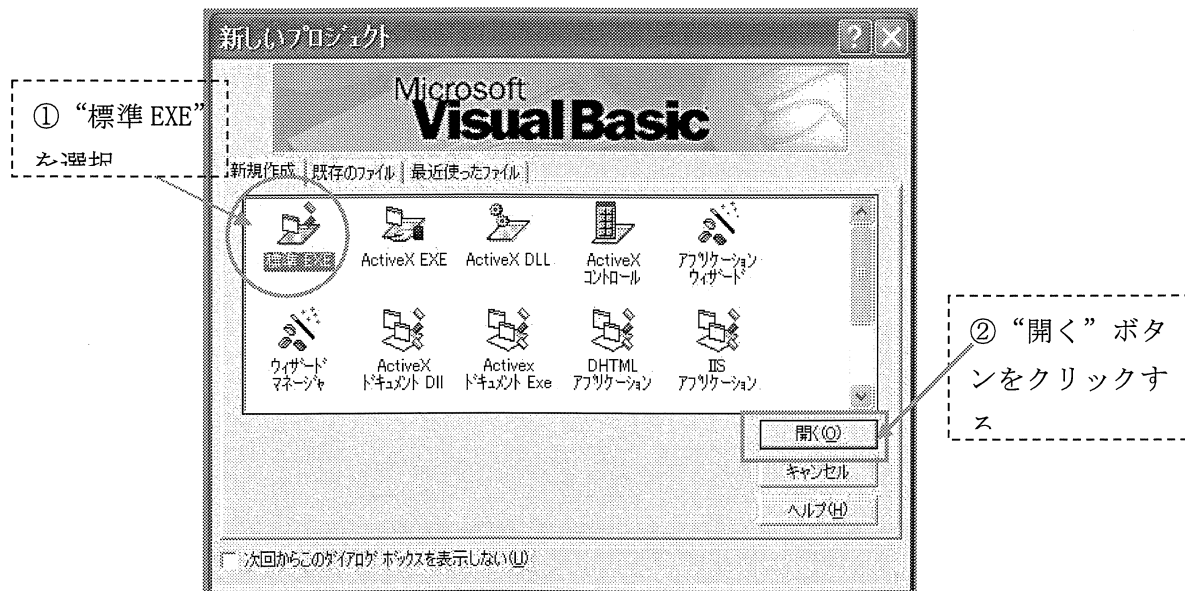


図 3.2 EXE プロジェクトの作成

- c. すると，図 3.3 に示すように，プロジェクトが作成できる。

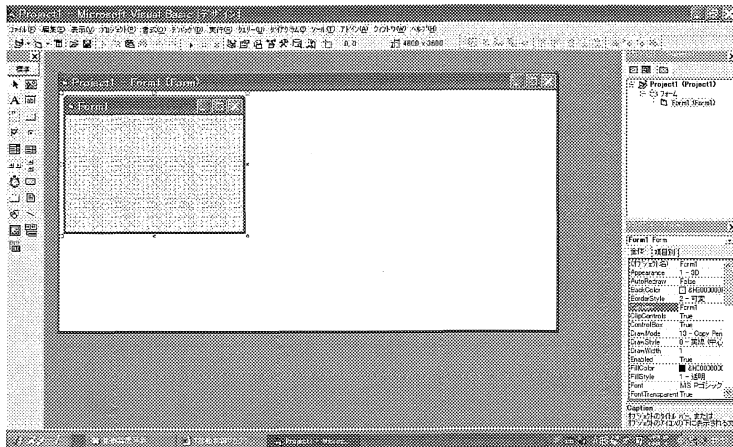


図 3.3 VisaulBasic の操作画面

(2) 制御用通信コントロールの添加

コントローラと通信するために、制御フォームに Rs232C 通信用コントロールが必要となる。コントロールのファイル“prjRsHyds.ocx”（理研社開発）は制御 PC(図 1.4 に示す)の“C:¥Windows¥System32”というフォルダにある。ほかのパソコンを用いて制御プログラムを実行する前に、ファイル“prjRsHyds.ocx”を入手して、フォルダ“C: ¥Windows ¥System32”に貼り付ける必要がある。ファイル“prjRsHyds.ocx”の入手について、下記の三つの方法がある：

- ① 耐震実験センターのパソコン(図 1.4 に示す)の“C: ¥Windows ¥System32”の中で探すこと。
- ② ネットワークの STHOME の HOME2008 の“自動制御関係”というフォルダで探すこと。
- ③ 耐震実験センターで保管されている“自動制御マニュアル”CD の中、コントローラ設定プログラム/Mnt1201B のフォルダで探す。

制御プログラムに制御用通信コントロールを添加する方法は下記のようにする。

- ① まず、図 3.4 に示すように、“メニュー”——“プロジェクト”を開いて、“コンポーネント”を選択する。

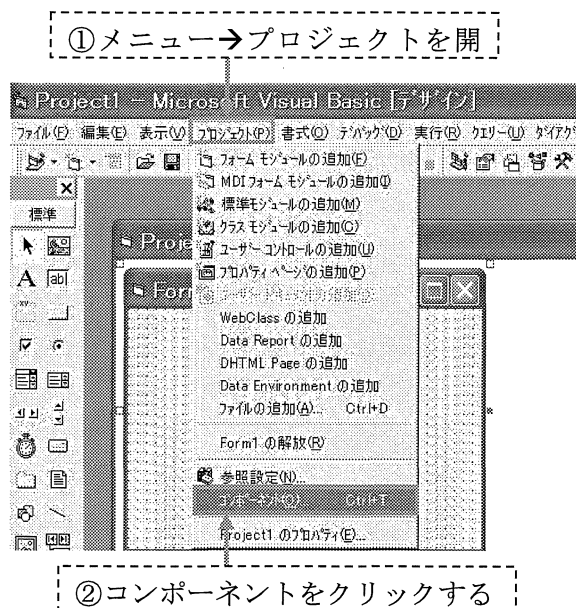


図 3.4 コントロールの添加・1



図 3.5 コントロールの追加-2



① コントロール
prjRsHyds.ocx ファイルを保存

② コントロール prjRsHyds.ocx ファ
イルを選択す

③ “開く” ボタンをクリック

図 3.6 コントロールの追加-3

- ② 図 3.5 に示すダイアログボックスが現れ、「参照(B)」ボタンをクリックすると図 3.6 に示す ActiveX コントローラの追加画面が現れる。
- ③ ActiveX コントローラの追加画面で、コントロール “prjRsHyds.ocx” ファイルを保存したフォルダを開き，“prjRsHyds.ocx” を選択して，“開き” ボタンをクリックして、画面を閉める。
- ④ 選択された制御用通信ベースコントロールが項目に現れ、図 3.7 に示すように、“OK” ボタンをクリックして、画面を閉める。
- ⑤ そうすると、コントロールバーには “uscRsHyd” コントロールのボタンが現れ、このボタンをクリックして、図 3.8 に示すように、“Form1” に貼り付ける。

(3) 制御画面の配置

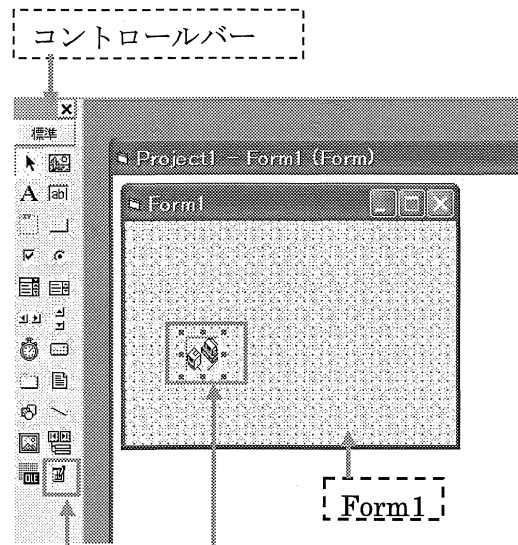
制御とは、現在変位値と荷重値の表示と目標変位の実行を行うことであり、制御画面に変位と荷重の現在値を表示するラベル(Label)や目標変位を入力する Text 及び実行用のボタンを添加することが必要である。

- a. 図 3.9 の青色線に示すように、Label1 と Label2 を貼り付ける。ただし、Label1 で変位の現在値を表し、Label2 で荷重の現在値を表示する。
- b. 図 3.9 の赤色線に示すように、Text1 を貼り付ける。自動制御の際、この Text1 で変位の目標値を書き込む。
- c. 図 3.9 の緑色線に示すように、Command1(CommandButton)と Command2 を貼り付ける。ただし、Command1 で変位と荷重の計測を実行し、Command2 で目標変位の送信を実行する。



“OK” ボタンをクリック

図 3.7 コントロールの確認



“uscRsHyd” コントロール

図 3.8 コントロールの貼り付け

- d. 変位と荷重の単位を表示するために、図 3.10 に示す位置に、Label3、Label4 と Label5 を貼り付ける。
- e. 図 3.11 に示すように、Label の Caption を書き直すと、必要な単位を表示することが

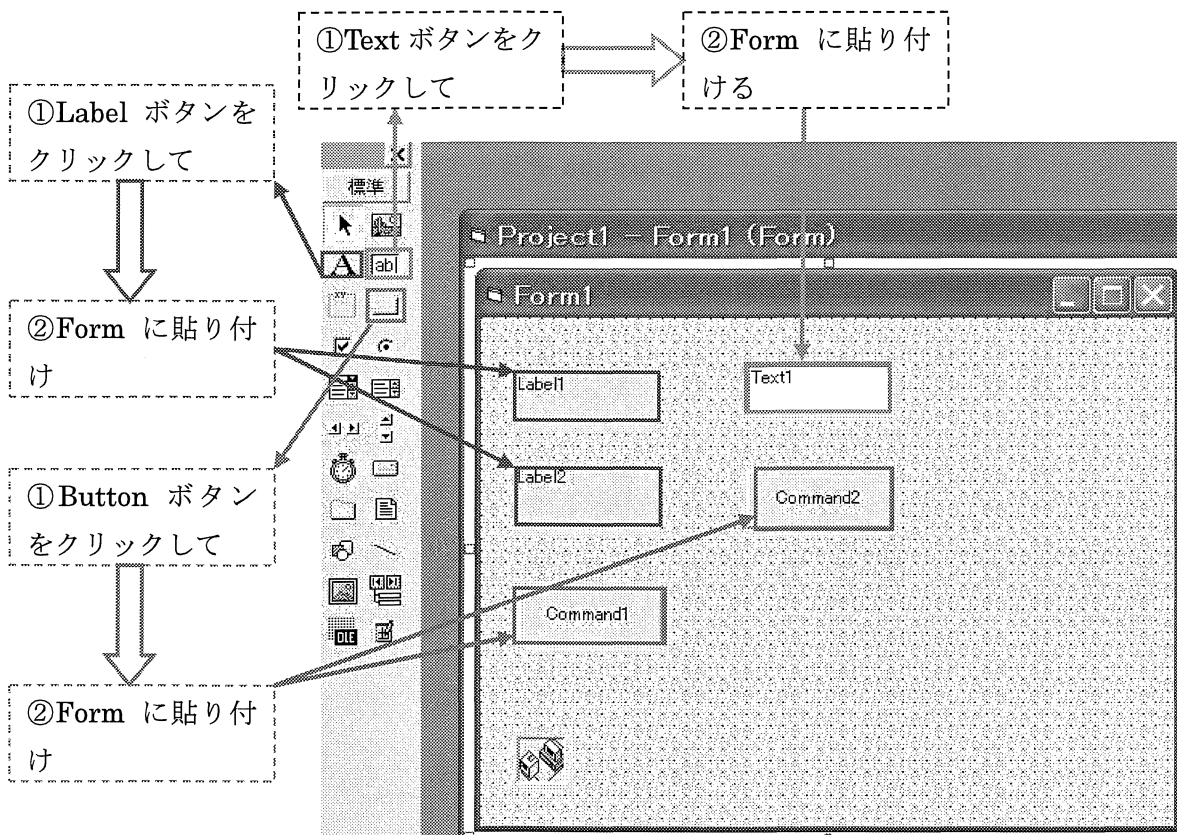


図 3.9 制御画面の配置

できる。

- f. ほかの項目の Caption も図 3.12 に示すように書き直すことができる。ただし、Text1 に表示する内容は Text1.Text で編集できる。
- g. 図 3.13(a)に示すように、プロジェクト名を“自動制御プログラム”と書き直す。
- h. 図 3.13(b)に示すように、フォーム名を“デジタル変位制御”と書き直す。

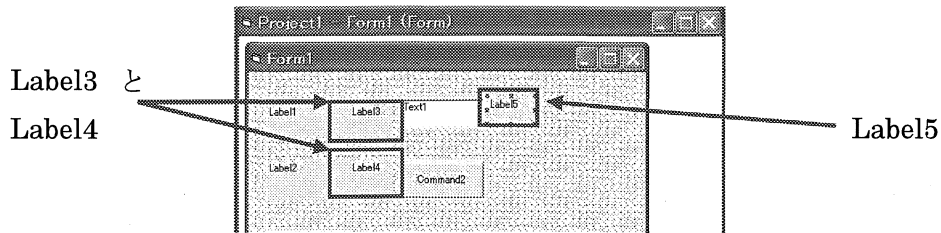


図 3.10 単位を現す Label

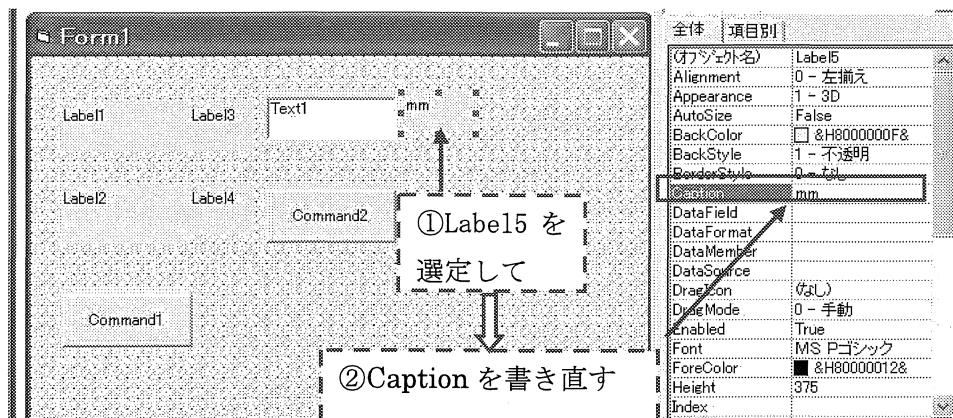


図 3.11 Caption の書き直す

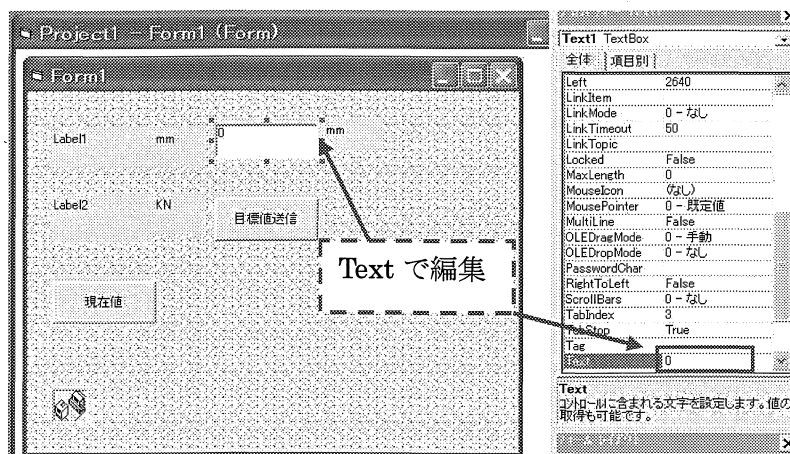


図 3.12 Text の編集

(4) コードウィンドの表現とパブリック定数の設定

制御プログラムの画面を配置したら、次はプログラムの核心となるコードを書く。

図 3.14 に示すように、フォーム “デジタル変位制御” を選択して、“コード” ボタンをクリックすると、コードが表示される。

まず、リスト 3.1 に示すように、コードに下記の定数を宣言する。同リストで○印を付した数字の部分について補足説明する。

リスト 3.1	
Option Explicit	①
Const ActSpeed As Single = 1	②
Const AxisNumer As Integer = 7	③
Const ActMaxLoad As Integer = 2000	④
Const ActMaxDisp As Integer = 800	⑤
Const DispDirection As Integer = 1	⑥

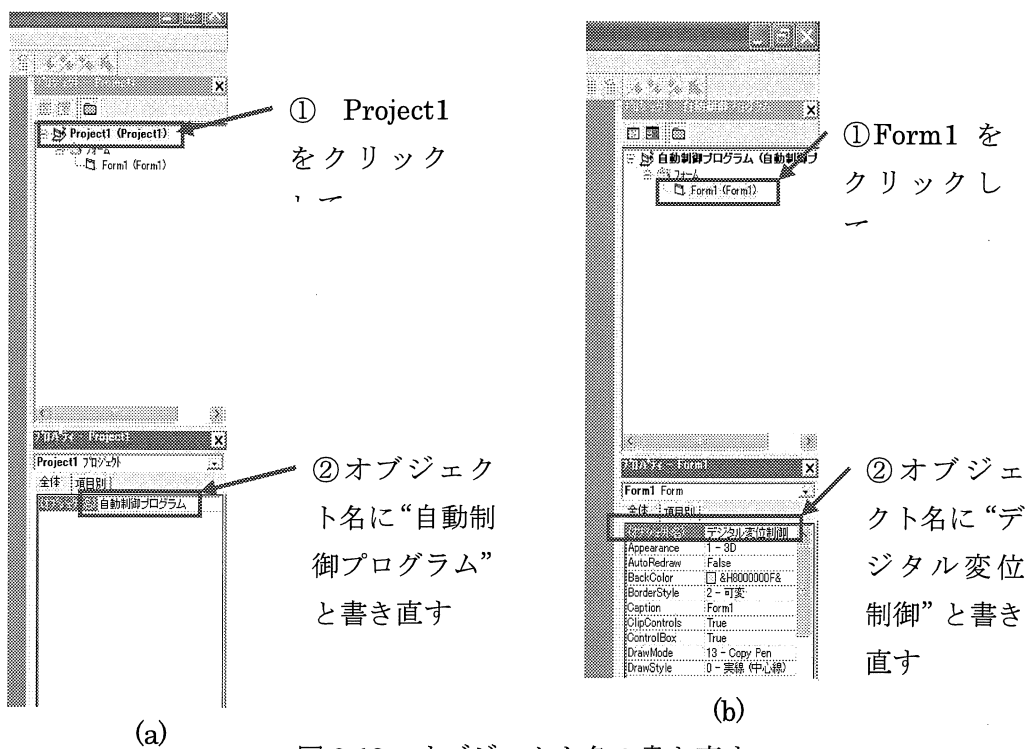


図 3.13 オブジェクト名の書き直す

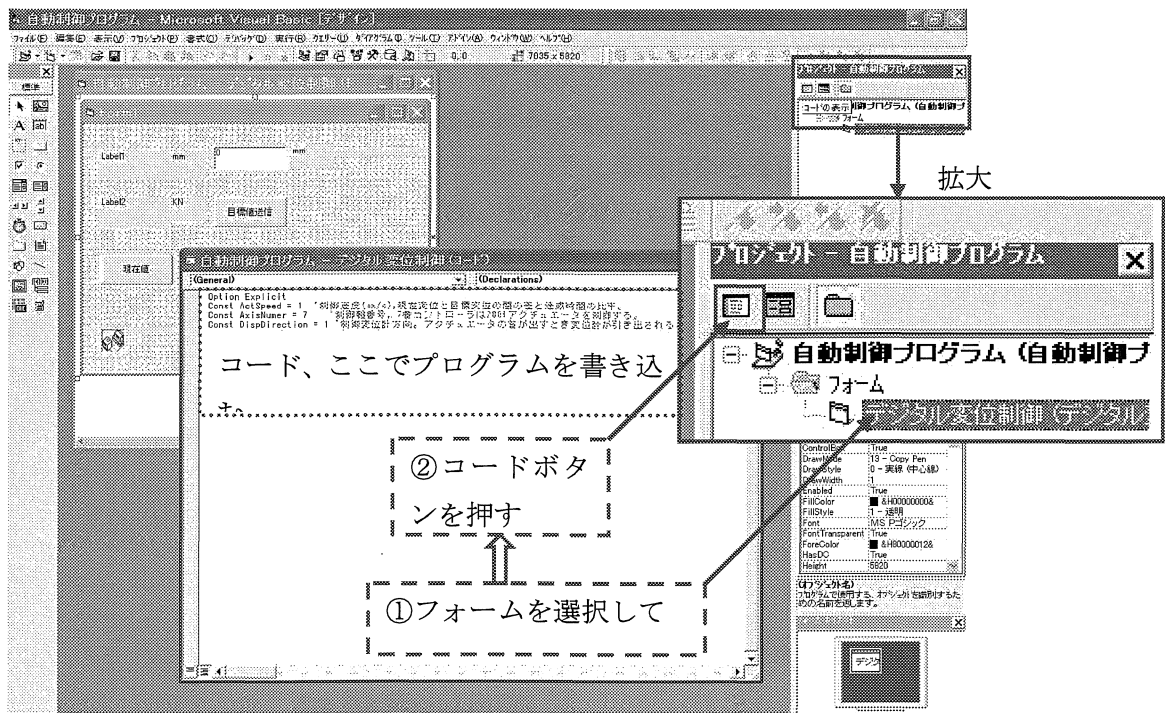


図 3.14 コードウィンドの表現

- ① 全変数を強制宣言する。
- ② 制御速度(mm/s),アクチュエータ (加振器) を動かす速度。
- ③ 制御チャンネル番号, 例として7番コントローラを用いて, 200t アクチュエータを制御する。
- ④ 加力アクチュエータの最大出力荷重 (kN)。荷重計正值は引張り ; 負値は圧縮に注意すること。
- ⑤ 加力アクチュエータの最大ストローク (mm)。
- ⑥ 制御変位計極性。アクチュエータにとって, 伸びる方向はプラス方向, 縮む方向はマイナス方向である。糸巻きデジタル変位計において, 糸が引き出すときは変位信号はプラス, 逆に糸が戻るとき, 信号がマイナスとなる。図 1.3(a)に示すように, 変位計はアクチュエータの反対側に置く, アクチュエータの首が出て, 伸びているとき, 反対側に設置した変位計の計測値は負となる。コントローラはこの逆の信号を用い, 正しくアクチュエータの変位を得るため, ここで極性係数を $\cdot 1$ と配置し, 変位信号を補正する。

(5) コントローラへの通信

Rs-232c によるコントローラへの通信は, ①通信の初期化, ②通信の終了, ③指令変位の

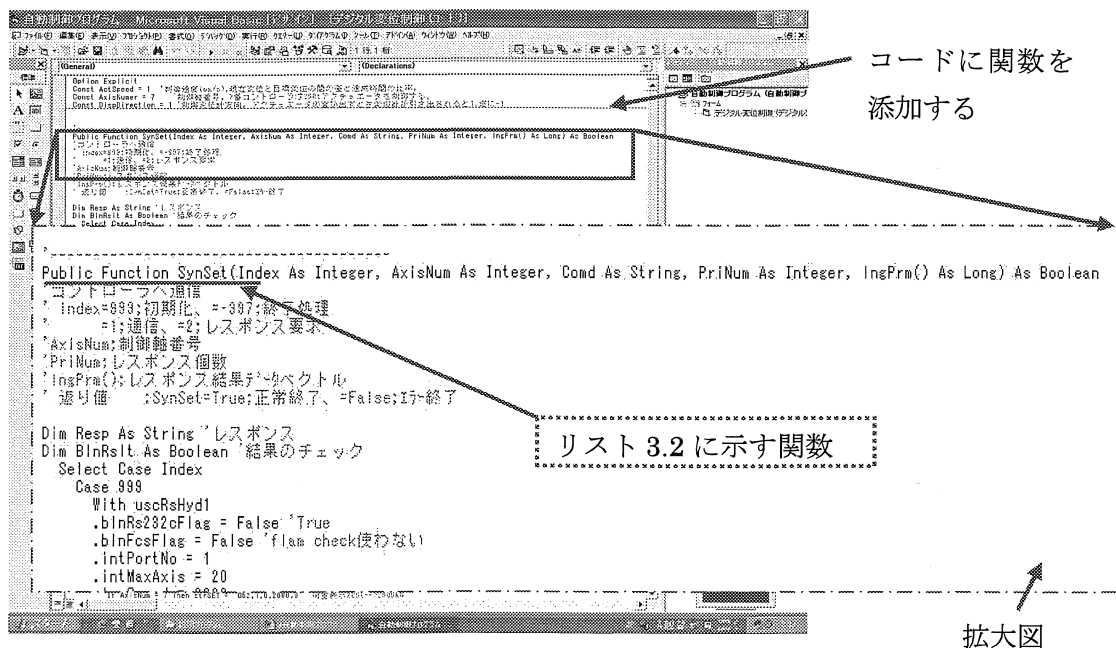


図 3.15 コードにプログラムを加える

送信と④フィードバックの受信である。

①通信の初期化は、下記のような設定からなる。

- (1) 通信用の通信方法(RS485 通信)の設定
- (2) FlamCheck の有無の設定
- (3) 通信用のポート番号の設定
- (4) 制御最大チャンネル数の設定
- (5) 通信スピードの設定
- (6) 通信開始をコントローラに知らせて、通信用ファイルを開くこと

②通信の終了とは、通信用ファイルを閉めることである。

通信の初期化が完成したら、コントローラへの送信をはじめることができる。ただし、送信は理研社で設置したコマンドで通信しなければならない。コントローラへのコマンドには A,B 二種類がある。

A 類のコマンドは、レスポンスなしのもので、コントローラへ送信すると、コントローラからの返事(レスポンス)がなくてもいい。例えば、指令変位の送信コマンドや設定の送信などのコマンドは A 類のコマンドである。

B 類のコマンドは、送信後、コントローラからの返事を得られるものである。例えば、即時モニターコマンドで変位や荷重などの情報を求めること。

リスト 3.2 に示す Function SynSet はコントローラへ通信するプログラムである。Function SynSet についての説明を表 3.1 に示す。同リストで○印を付した数字の部分について補足説明する。

コントローラ uscRsHyd1 は 3.2 に述べたように、フォームに貼り付けた“prjRsHyds.ocx”

である。リスト 3.2 に示すファンクションプログラムは図 3.15 に示すように、コードウィンドに書き込み、制御プログラムに加える。

表 3.1 Function SynSet の説明

関数名: SynSet(Index As Integer, AxisNum As Integer, Comd As String, PriNum As Integer, lngPrm() As Long) As Boolean	
機能	コントローラへの通信
引数	index=999: 初期化、=-997: 終了処理、=1: 通信、=2: レスポンス要求 AxisNum: 制御チャンネル番号 Comd: 送信するコード PriNum: レスポンス個数 lngPrm(): レスポンス結果データベクトル
戻り値	SynSet=True: 正常終了、=False: エラー終了
使用例	初期化 Bln = SynSet(999, 7, "", 0, lngPrm()) 計測 Bln = SynSet(2, "SR", intNum, lngPrm())
補足	デジタル変位は lngPrm(9)、荷重は lngPrm(4)

リスト 3.2 コントローラへの通信プログラム

```
Public Function SynSet(Index As Integer, AxisNum As Integer, Comd As String,
PriNum As Integer, lngPrm() As Long) As Boolean
'コントローラへの通信
'index=999;初期化、=-997;終了処理
'          =1;通信、=2;レスポンス要求
'AxisNum;制御チャンネル番号
'Comd;送信するコード
'PriNum;レスポンス個数
'lngPrm();レスポンス結果データベクトル
' 戻り値   :SynSet=True;正常終了、=False;エラー終了
Dim Resp As String 'レスポンス
Dim BlnRslt As Boolean '結果のチェック
Select Case Index
Case 999
With uscRsHyd1
.blnRs232cFlag = False 'True
```

①

```

        .blnFcsFlag = False 'flam check 使わない
        .intPortNo = 1      '通信ポート番号 ②
        .intMaxAxis = 20  '最大制御チャンネル数 ③
        .lngSpeed = 9600  '通信スピード
        SynSet = .HydRsComm(999, 0, "", "") 'ture 正常, false エラ
        If SynSet Then
            MsgBox "初期正常"
        End If
    End With
Case -997
    With uscRsHyd1
        SynSet = .HydRsComm(-997, 0, "", "")
        If SynSet Then MsgBox "正常終了"
    End With
Case 1
    With uscRsHyd1 ④
        SynSet = .HydRsComm(11, AxisNum, Comd, "")
    End With
Case 2
    With uscRsHyd1
        SynSet = .HydRsComm(11, AxisNum, Comd, Resp) ⑤
        If SynSet = True Then 'レスポンス分解
            BlnRslt = .PrmDivisionLong(Resp, PriNum, lngPrm()) ⑥
        End If
    End With
End Select
End Function

```

コードの補足説明：

- ① RS485 で通信。
- ② パソコンの Rs-232C 通信ポートの番号は 1。パソコンの通信ポート番号の設定とは、パソコンの通信ポートの中で、どちらを用いるということであり、設定可能な範囲は、1~4 である。通常にパソコンの 232C ポートを使うとき、デフォルトポート番号は 1 であるが、232C ポートが付かないパソコン、例えばノートパソコンの場合、USB 中継器で USB 通信ポートにもできる。
- ③ 制御チャンネル番号は、コントローラ番号である。

- ④ 制御チャンネル **AxisNum** へコード **Comd(A 類)**を送信する(フィードバック不要)。サブコントローラと直接通信する関数は **uscRsHyd.HydRsComm** である。関数 **HydRsComm(intMode As Integer, intAxis As Integer, strTextIn, as String, strAnser As String) As Integer** は、**intMode=11** の場合、通信コマンドとしてコントローラにデータ **strTextIn** を送信する。
- ⑤ 制御チャンネル **AxisNum** へコード **Comd(B 類)**を送信、またレスポンス **Resp** 受信。
- ⑥ レスポンス **Resp** を一つ一つのデータ(変位、荷重など)に分解する。分解したデータ数は **PriNum**、データはベクトル **lngPrm()**に入る、またデータ個数 **intNum** も戻ってくる。

(6) コントローラの設定

デジタル変位自動制御にとって、下記 13 個の設定が要する。

- (1) コントローラのパネルにのディスプレイで荷重の現在値の表示
- (2) デジタル変位の現在値の表示
- (3) 内蔵変位計の現在値の表示
- (4) 荷重計の極性
- (5) 内蔵変位計の極性
- (6) デジタル変位計現在値の極性
- (7) デジタル変位計目標値の極性
- (8) サボ弁出力の極性
- (9) デジタル変位制御でのパラメータ
- (10) プラス方向制御感度
- (11) マイナス方向制御感度
- (12) アラームの開放
- (13) 入力換算値

リスト 3.3 に示す **Function Initset** 関数は、コントローラを設定するプログラムである。このプログラムを上述したように **Form1** のコードウィンドに追加したら、利用できるようになる。**Function Initset** について説明は表 3.2 に示す、同リストで○印を付した数字の部分について補足説明する。

表 3.2 Function SynSet の説明

関数名： Public Function InitSet(AxisNum As Integer, ActMaxLoad As Integer, ActMaxDisp As Integer, DispDirection As Integer) As Boolean	
機能	コントローラの設定
引数	AxisNum：制御チャンネル番号 ActMaxLoad：アクチュエータ最大荷重(KN) ActMaxDisp：アクチュエータ最大ストローク(mm) DispDirection：デジタル変位計極性；1：プラス方向；-1 マイナス方向
戻り値	SynSet=True：正常終了、=False：エラー終了
使用例	7番コントローラで200tアクチュエータ(最大荷重2000KN,ストローク800mm)を制御し、変位計はアクチュエータと逆極性に配置するときの設定： BlnSet = InitSet(7,2000,800,-1)
補足	普通は、7番コントローラで200tアクチュエータを制御し、8番コントローラで100tアクチュエータを制御する。極性について、デジタル変位計の糸の引き出すとアクチュエータの伸びると一致するときは極性はプラス(1)、逆に、アクチュエータが出すとき、変位計の糸が戻されると、極性はマイナス(-1)。

リスト 3.3 コントローラの設定

```
Public Function InitSet(AxisNum As Integer, ActMaxLoad As Integer, ActMaxDisp As Integer, DispDirection As Integer) As Boolean
```

```
    'コントローラの設定
```

```
    'AxisNum ; 制御チャンネル番号(通信宛先)
```

```
    'ActMaxLoad ; 加力加振器の最大出力荷重
```

```
    'ActMaxDisp ; 加力加振器の最大ストローク
```

```
    Dim strSET As String
```

```
    Dim i As Integer
```

```
    Dim Bln As Boolean
```

```
    Dim lngPrm(20) As Long
```

```
    For i = 1 To 13
```

```
        Select Case i
```

```
            Case 1
```

```
                strSET = "Q52,1,0," & Str(ActMaxLoad * 10) & ",1" ①
```

```
            Case 2
```

```
                strSET = "Q53,6,0,2000,2" ②
```

```

Case 3
    strSET = "Q54,2,2000," & Str(ActMaxDisp * 10 / 2) & ",1" ③
Case 4
    strSET = "L1·1" '荷重の極性 ④
Case 5
    strSET = "L21" '内蔵変位計の極性 ⑤
Case 6
    'デジタル変位計の極性
    If DispDirection = 1 Then strSET = "L61" ⑥
    If DispDirection = -1 Then strSET = "L6·1" ⑦
Case 7
    strSET = "L71" ⑧
Case 8
    strSET = "L91" 'サーボ弁出力の極性 ⑨
Case 9
    strSET = "P60,0,10" '制御バンド(Model N4A 4-25) ⑩
Case 10
    strSET = "U6500,500,10,0" 'プラス方向制御感度(+50) 'page4-27 ⑪
Case 11
    strSET = "V6500,500,10,0" 'マイナス方向制御感度(+50) 'page4-29 ⑫
Case 12
    strSET = "A6500000,·500000,0,0" 'アラームの開放 ⑬
Case 13
    strSET = "Q61,1,1" '入力換算値 ⑭
End Select
BlIn = SynSet(1, AxisNum, strSET, 0, lngPrm())
If BlIn = False Then
    MsgBox "初期設定のエラ"
    InitSet = False
    Exit Function
End If
Next i
InitSet = True
End Function

```

- ① 荷重の表示。コマンド「Q5」はコントローラパネルのディスプレイ表示内容の定義である。コマンド「Q5」は下記の形式で取り扱う。

@Q5[DI1], [DI2], [DI3], [DI4], [DI5]

ただし：

[DI1]:設定チャンネルを指定。2~4；2 段目~4 段目について以下の項目を設定(最上段は目標値を表示)

[DI2]:表示内容を設定

1；荷重を表示、2；変位を表示、3；拡張を表示、4；補助# 1 を表示

5；補助# 2 を表示、6；デジタル変位を表示

以下の設定項目は、この表示内容についてのみ適用する。

[DI3]；表示オフセットを設定

荷重~補助# 2 では、整数で 0~±4,000 の整数値で設定

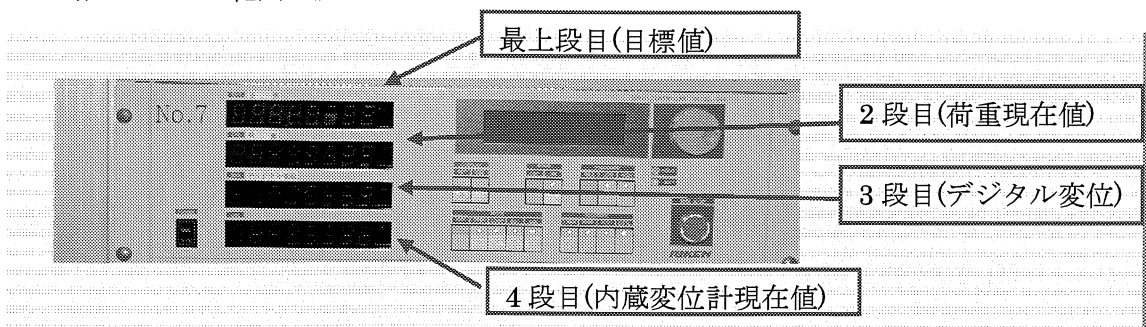
デジタル変位では、整数で 0~±500,000 の範囲で設定

[DI4]；入力値が+2000 変化した時に変化する物理量の表示有効数字を設定

整数で±1,000,000 の範囲で設定

[DI5]；表示値の小数点を左側から指定

整数で 0~6 の範囲で設定



- ② デジタル変位表示，内部値+2000 変化した時，20.00(mm)。
- ③ 内蔵変位計変位表示，7番コントローラ(200t アクチュエータ)の内部値が+2000 変化した時，400.00(mm)
- ④ 荷重の極性。ここでコマンド「L」は入力信号に対して極性を設定するコマンドである。
- @ L 1 [DI1] ；荷重入力に対するパラメータの設定
- @ L 2 [DI1] ；変位入力に対するパラメータの設定
- @ L 4 [DI1] ；補助# 1 入力に対するパラメータの設定
- @ L 5 [DI1] ；補助# 2 入力に対するパラメータの設定
- @ L 6 [DI1] ；デジタル変位実際値に対するパラメータの設定
- @ L 7 [DI1] ；デジタル変位目標値に対するパラメータの設定

@ L 9 [DI1] ; サーボ弁出力に対するパラメータの設定

ただし

[DI1] ; 極性の設定

1 ; 正極性、-1 ; 負極性

- ⑤ 内蔵変位計の極性
- ⑥ 変位計はアクチュエータと同じ方向
- ⑦ 変位計はアクチュエータと逆方向
- ⑧ デジタル変位計目標値(制御リモコンねじボタン)の極性
- ⑨ サボ弁出力の極性
- ⑩ 制御バンド。ここでコマンド「P」は各制御種類での制御バンドとイン・ポジションレベルの設定コマンドで、下記の形式で取り扱う。

@ P 1 [DI1], [DI2], [DI3] ; 荷重制御でのパラメータを設定

@ P 2 [DI1], [DI2], [DI3] ; 変位制御でのパラメータを設定

@ P 3 [DI1], [DI2], [DI3] ; 拡張制御でのパラメータを設定

@ P 4 [DI1], [DI2], [DI3] ; 補助 # 1 制御でのパラメータを設定

@ P 5 [DI1], [DI2], [DI3] ; 補助 # 2 制御でのパラメータを設定

@ P 6 [DI1], [DI2], [DI3] ; デジタル変位制御でのパラメータを設定

ただし

[DI1] ; 再制御開始値 (目標値と実際値の差がこの値を越えると出力を行います。) 0~1000 の整数で設定

[DI2] ; 制御終了値 (目標値と実際値の差がこの値以下なら出力はゼロレベルとなります。) 0~[DI1]の整数で設定

[DI3] ; イン・ポジション値 (逐次目標値が目標値に達して、その後ここで定める値以下に誤差がなくなったとき、その目標に到達したと判断する点です。) 0~1000 の整数で設定

- ⑪ プラス方向制御感度(+50) 。ここでコマンド「U」は比例制御において、フィードバック誤差がプラスでの比例制御感度、比例制御感度切換点、比例制御出力オフセットの設定コマンドで、下記の形式で取り扱う。

@ U 1 [DI1], [DI2], [DI3], [DI4] ; 荷重制御でのパラメータを設定

@ U 2 [DI1], [DI2], [DI3], [DI4] ; 変位制御でのパラメータを設定

@ U 3 [DI1], [DI2], [DI3], [DI4] ; 拡張制御でのパラメータを設定

@ U 4 [DI1], [DI2], [DI3], [DI4] ; 補助 # 1 制御でのパラメータを設定

@ U 5 [DI1], [DI2], [DI3], [DI4] ; 補助 # 2 制御でのパラメータを設定

@ U 6 [DI1], [DI2], [DI3], [DI4] ; デジタル変位制御でのパラメータを設定

ただしパラメータ :

[DI1] ; フィードバック誤差が小での比例制御感度
0.0~100.0 を 0~1000 の整数で設定
[DI2] ; フィードバック誤差が大での比例制御感度
0.0~100.0 を 0~1000 の整数で設定
[DI3] ; 比例制御ゲイン切換点
1~2000 の整数で設定
[DI4] ; 比例制御出力オフセット
-500~500 の整数で設定

- ⑫ マイナス方向制御感度(+50) 。ここでコマンド「V」は比例制御において、フィードバック誤差がマイナスでの比例制御感度、比例制御感度切換点、比例制御出力オフセットの設定コマンドで、下記の形式で取り扱う。

@V 1 [DI1], [DI2], [DI3], [DI4] ; 荷重制御でのパラメータを設定
@V 2 [DI1], [DI2], [DI3], [DI4] ; 変位制御でのパラメータを設定
@V 3 [DI1], [DI2], [DI3], [DI4] ; 拡張制御でのパラメータを設定
@V 4 [DI1], [DI2], [DI3], [DI4] ; 補助# 1 制御でのパラメータを設定
@V 5 [DI1], [DI2], [DI3], [DI4] ; 補助# 2 制御でのパラメータを設定
@V 6 [DI1], [DI2], [DI3], [DI4] ; デジタル変位制御でのパラメータを設定
ただしパラメータ :

[DI1] ; フィードバック誤差が小での比例制御感度
0.0~100.0 を 0~1000 の整数で設定
[DI2] ; フィードバック誤差が大での比例制御感度
0.0~100.0 を 0~1000 の整数で設定
[DI3] ; 比例制御感度切換点
1~1000 の整数で設定
[DI4] ; 比例制御出力オフセット
-500~500 の整数で設定

アラームの開放。ここでコマンド「A」は入力信号に対してアラーム上下限を設定し、アラーム到達での制御状態の設定コマンドで、下記の形式で取り扱う。

@A 1 [DI11], [DI21], 0, 0 ; 荷重入力に対するパラメータの設定
@A 2 [DI11], [DI21], 0, 0 ; 変位入力に対するパラメータの設定
@A 3 [DI11], [DI21], 0, 0 ; 拡張入力に対するパラメータの設定
@A 4 [DI11], [DI21], 0, 0 ; 補助# 1 入力に対するパラメータの設定
@A 5 [DI11], [DI21], 0, 0 ; 補助# 2 入力に対するパラメータの設定
@A 6 [DI12], [DI22], 0, 0 ; デジタル変位実際値に対するパラメータの設定

@A 7 [DI13], [DI23], 0, 0 ; デジタル変位目標値に対するパラメータの設定
(このコマンドはアラームではなく、設定上下限値の設定です。)

ただしパラメータ :

[DI11] ; アナログ入力に対するアラーム上限を設定(-2,100~2,100で設定)

[DI21] ; アナログ入力に対するアラーム下限を設定(-2,100~[DI21]で設定)

[DI12] ; デジタル変位実際値に対するアラーム上限を設定(-501,000~501,000で設定)

[DI22] ; デジタル変位実際値に対するアラーム下限を設定(-501,000~[DI22]で設定)

[DI13] ; デジタル変位目標値に対する設定上限値を設定 (アラームではありません。)

(-501,000~501,000で設定)

[DI23] ; デジタル変位目標値に対する設定下限値を設定 (アラームではありません。)

(-501,000~[DI22]で設定)

[DI3]、[DI4] ; ダミーでゼロを設定

- ⑬ 入力換算値。ここでコマンド「Q6」デジタル入力パルスからアナログ目標値への変換値を設定します。また、デジタル変位値 (システム値) への換算値として、デジタル入力(1)を実際値に、デジタル入力(2)を目標値に変換する値についての設定コマンドで、下記の形式で取り扱う。

@ Q 6 [DI1], [DI2], [DI3]

ただしパラメータ :

[DI1] ; デジタル入力(1)をデジタル変位実際値に換算する場合の換算値を設定
±1~±100 の範囲で設定,9999 は設定を無視

[DI2] ; 遠隔操作において、デジタル入力(2)をアナログ目標値 (荷重~補助# 1) に換算する場合の換算値を設定
±1~±100 の整数で設定

[DI3] ; デジタル変位の追従制御において、デジタル入力(2)をデジタル目標値に換算する場合の換算値を設定
±1~±100 の整数で設定

(7) 制御システムの初期化

制御システムの初期化は、サブルーチン Sub Form1_Load()で、制御画面のフォーム Form1 を現れると同時に行う。リスト 3.4 に示すように、Sub Form1_Load により、制御

画面を現すとき、通信を初期化して、コントローラの設定も行う。

リスト 3.4 フォームのロード

```
Private Sub Form_Load()  
    Dim lngPrm(20) As Long  
    Dim BlnSet As Boolean '結果が正しいか  
  
    BlnSet = SynSet(999, AxisNumer, "", 0, lngPrm()) '通信の初期化  
    If BlnSet Then  
        BlnSet = InitSet(AxisNumer, ActMaxLoad, ActMaxDisp, DispDirection) 'コントローラの設定  
    End If  
End Sub
```

Sub Form1_Load のようなオブジェクトを実行するサブルーチンの加入は、図 3.16 に示すように、オブジェクトをダブルクリックすることである。

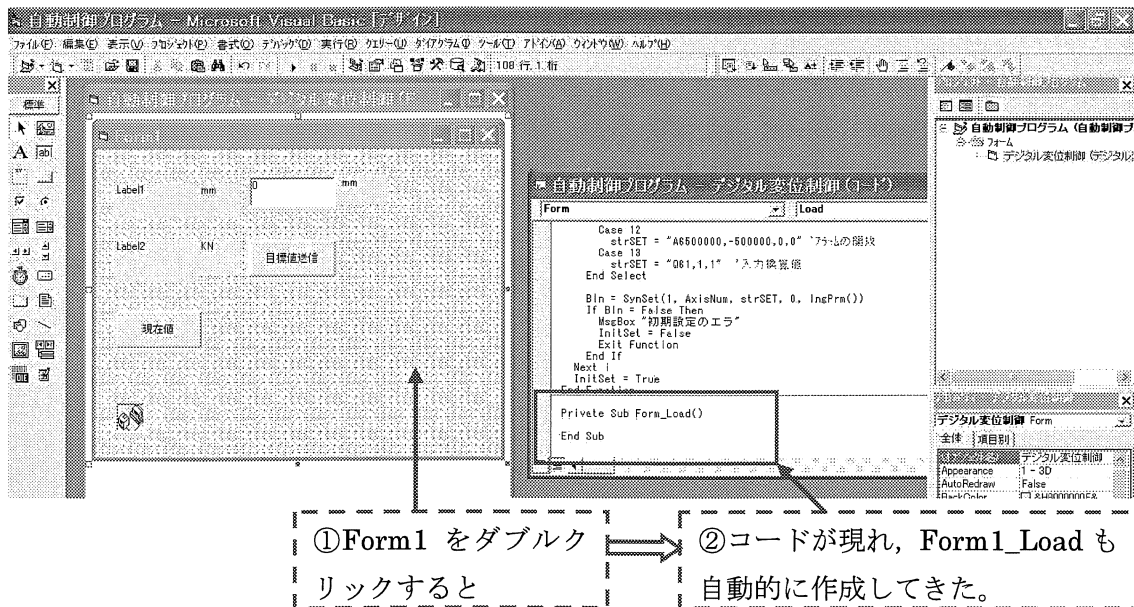


図 3.16 フォームロードサブルーチンの作成

(8) 現在値のモニタ

変位と荷重の現在値を測定するには、コントローラに“SR”というコマンドを送信すれ

ば、コントローラが変位と荷重の現在値が返される。返された現在値は暗号化した文字列であり、この文字列を分割して、内部値から物理量に換算する必要がある。

レスポンスの分割は、関数 SynSet で行い、分割した内部値データは、ロング型のベクトル lngPrm() に入って戻る。ただし lngPrm() の中に 10 個の要素があり、その中に要素 4 は荷重値、要素 9 はデジタル変位である。

内部値は、計測の物理量の最大値を平均分割したものである。例えば、荷重などの内部値は(-2000~+2000)の整数であり、最大荷重 200t のアクチュエータの荷重計(ロードセル)の計測範囲は(-2000KN~+2000KN)であるので、1 内部値が 1KN を応じている。100t アクチュエータの場合は、1 内部値に応じる荷重は 0.5KN である。デジタル変位における内部値は非常に大きく、(-500,000~+500,000)の整数である。荷重のように最大変位を 500,000 分割することではなく、1 内部値を 0.01mm に対応することに決まっている。

したがって、内部値ベクトル lngPrm() により荷重(F)と変位(d)を算出する式は下記の式 3.1 と 3.2 である。

$$F = \alpha \cdot \text{lngPrm}(4) \quad \alpha = \begin{cases} 1 & (\text{AxiNum} = 7) \\ 0.5 & (\text{AxiNum} = 8) \end{cases} \quad (3.1)$$

$$d = 100 \cdot \text{lngPrm}(9) \quad (3.2)$$

ただし、AxiNum は制御チャンネル番号、7 番コントローラを用いると、200t アクチュエータを制御する；8 番コントローラを用いると、100t アクチュエータを制御することを意味する。

算出した荷重と変位の物理量を表すには、リスト 3.5 に示すように、変位と荷重を Label1 と Label2 の Caption に与えることである。

上述したことの役目は Command1(現在値ボタン)で実現する。Command1 を押すとき、実行するプログラム Command1_Click()をリスト 3.5 に示す。Command1_Click()を添加するには、図 3.17 に示すように、現在値ボタンをダブルクリックして、リスト 3.5 に示すプログラムを加入する。

リスト 3.5 現在値のモニタ

```
Private Sub Command1_Click()
```

```
'変位と荷重のモニタ
```

```
Dim Bln As Boolean '正常の確認
```

```
Dim lngPrm(20) As Long '通信から分割したデータ
```

```
Dim intNum As Integer 'intPrm()の中のデータ数
```

```
Dim DigiDisp As Single 'デジタル変位計変位(mm)
```

```
Dim Force As Single 'ロードセル荷重(KN)
```

```
Blm = SynSet(2, AxisNumer, "SR", intNum, lngPrm())
```

```

If Bln = True And intNum = 10 Then
    DigiDisp = lngPrm(9) * 0.01 '1 内部値対応変位 0.01
    Label1.Caption = Str(DigiDisp)
    Select Case AxisNumer
        Case 7 '200t アクチュエータ
            Force = lngPrm(4) '1 内部値対応荷重 1KN
        Case 8 '100t アクチュエータ
            Force = lngPrm(4) * 0.5 '1 内部値対応荷重 0.5KN
    End Select
    Label2.Caption = Str(forceread)
End If
End Sub

```

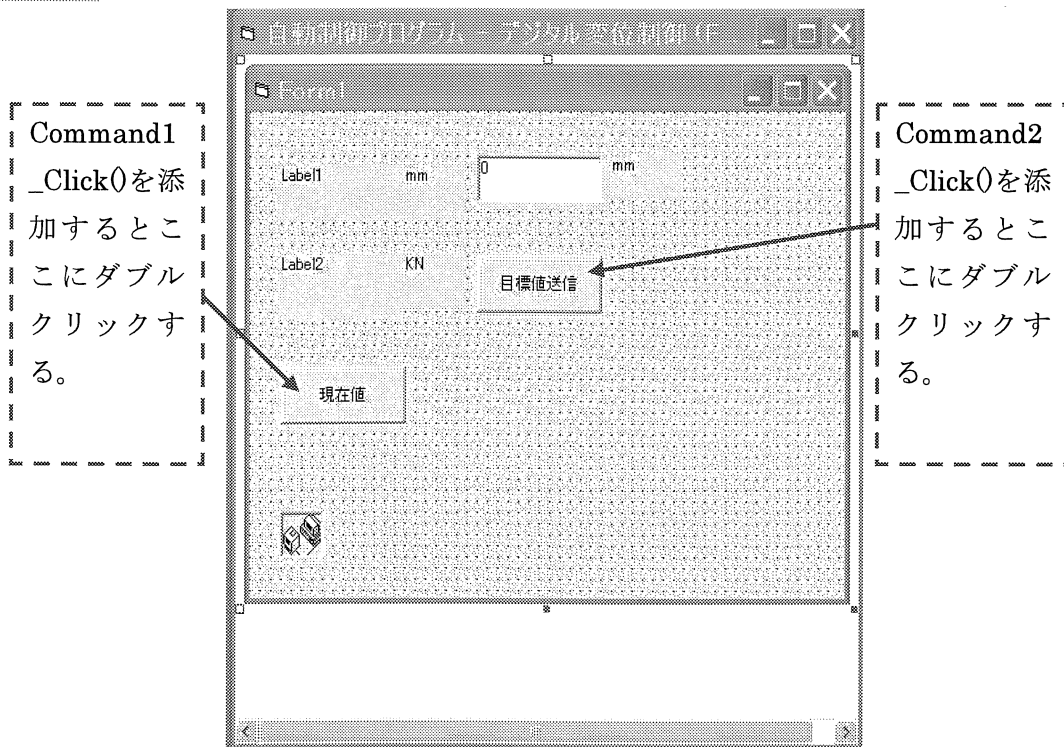


図 3.17 ボタンをクリックするプログラムの添加

(9) 目標変位の送信

デジタル変位送信による、アクチュエータの制御は、コマンド“S6”を用いる。これをリスト 3.6 に示す、デジタル変位目標値 X、制御所要時間 TM と即時開始の有無という

三つのパラメータがある。

目標変位を Text1 に入力したら、Text1.Text が読み取られる、制御所要時間は、まず現在値をモニタして、現在値と目標値の差 Δd を計算し、節 3.4 に設定した定数 ActSpeed(制御速度)を用いて算出する。

目標変位を送信するプログラムをリスト 3.6 で示す。

リスト 3.6 目標変位の送信

```
Private Sub Command2_Click()  
'目標変位の送信  
Dim DigiDisp As Single 'デジタル変位計変位(mm)現在値  
Dim X As Single '目標変位 mm  
Dim TM As Long '制御時間 0.1 秒  
Dim XX As Long '制御変位 0.01mm  
Dim ComdContr As String  
Dim lngPrm(20) As Long '通信データ  
Dim Bln As Boolean '判断  
Dim intNum As Integer 'レスポンスデータを分割数 (分割したデータ个数)  
X = Val(Text1.Text)  
'.....現在値.....  
Bln = SynSet(2, AxisDefault, "SR", intNum, lngPrm())  
If Bln = True And intNum = 10 Then  
DigiDisp = lngPrm(9) / 100  
End If  
'.....制御時間計算.....  
TM = Abs((X * DigiDisp) / ActSpeed * 10) '制御時間  
'.....制御信号の送信.....  
ComdContr = "S6" & Str(XX) & "," &  
Str(TM) & ",1"  
Bln = SynSet(1, AxisDefault,  
ComdContr, 0, lngPrm())  
End Sub
```

4.2.4. USB シリアルコンバータを用いるとき RS-232C 通信ポートの設定

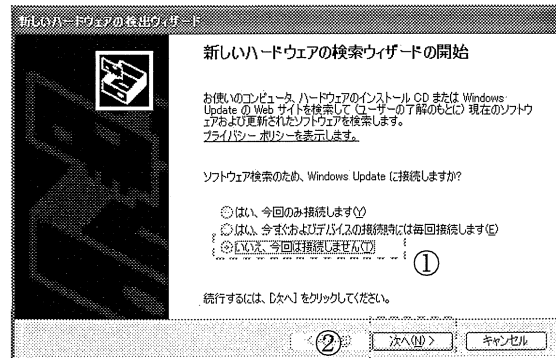


図 A.3 ウィザードの開始

REX-USB60FをUSB ポートに接続するだけで、RS-232Cポートをもたないパソコン(たとえばノートパソコン)でもRS-232C機器が使用可能にため、理研製制御パネルを接続できる。

USBシリアルコンバータREX-USB60Fは図A.1に示すものである。REX-USB60Fを用いるには、パソコンのUSBポートへの接続、ドライバソフトウェアのインストール作業が

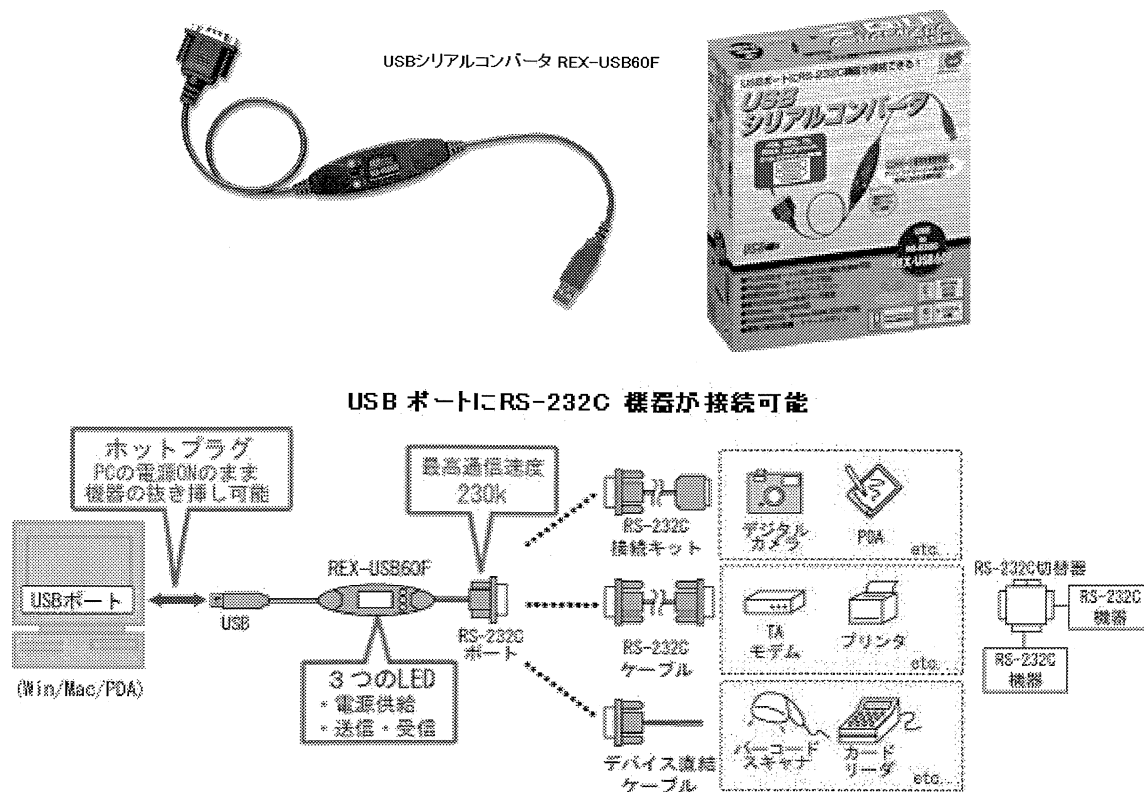


図 A. 1 USB シリアルコンバータ

必要である。

A.1 パソコンへ接続

- ① パソコンの電源をONにしてWindowsを起動する。
- ② 図A.2を参考して、USBコネクタをパソコンのUSBポートにしっかりと奥まで差し込み、確実に接続する。「新しいハードウェアの追加ウィザード」が自動的に開始される。
- ③ USBシリアルコンバータ添付のDrive CD-ROMをセットする。図A.3に示すよ

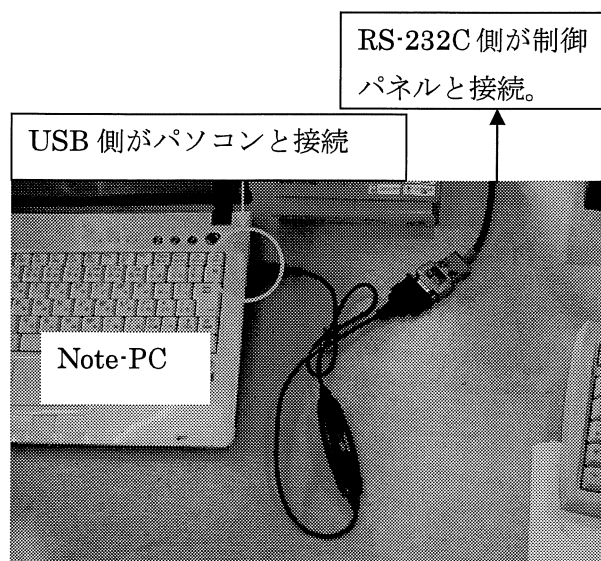


図 A. 2 USB 中継器の接続

うに、「いいえ、……」を選択し、「次へ」を押す。

- ④ 図A.4に示すように「ソフトウェアを自動的にインストールする」を選択し、「次へ」を押す。
- ⑤ Windowsロゴテストに合格していないという警告が現れるが、ここで図A.5に示すように、「続行」を押す。

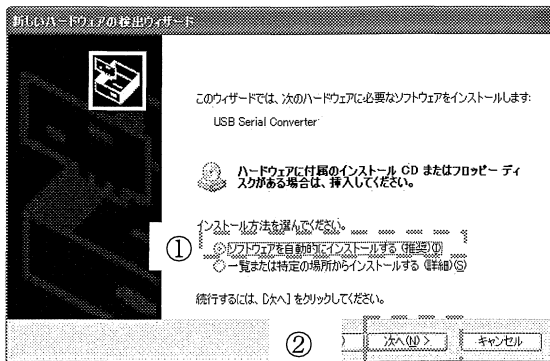


図 A.4 自動検出

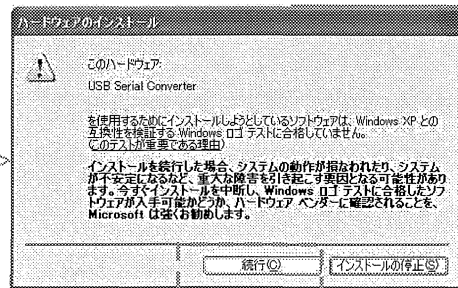


図 A.5 警告を確認

- ⑥ REX-USB60F用デバイスドライバのコピーが開始され、完了メッセージが表示する。
- ⑦ 引き続き仮想COMポートドライバのインストールが開始され、図A.4に示すように「いいえ、……」を選択し、「次へ」を押す。
- ⑧ 図A.4に示すように「ソフトウェアを自動的にインストールする」を選択し、「次へ」を押す。
- ⑨ Windowsロゴテストに合格していないという警告が現れるが、ここも「続行」を押す。
- ⑩ 仮想COMポートドライバのインストールが開始され完了メッセージが表示される。
- ⑪ 以上で、ドライバのインストールが終わり、パソコンへの接続も完了である。

A.2 Comポート番号の設定

- ① 図A.6に示すように、スタートメニューからコントロールパネルを選択すると、コントロールパネルの画面が現れる。
- ② 図A.7に示すように、コントローラからシステムを選択して開く(ダブルクリック)。
- ③ 図A.8に示すシステムのプロパティ画面で、「デバイスマネージャ」ボタンを押す。

- ④ デバイスマネージャー画面が現れ、図A.9に示す「ポート (COM/LPT)」の下に仮想COMポートドライバ「USB Serial Port (COMx)」がCOMポートとして追加されており、ここでダブルクリックし、プロパティを開く

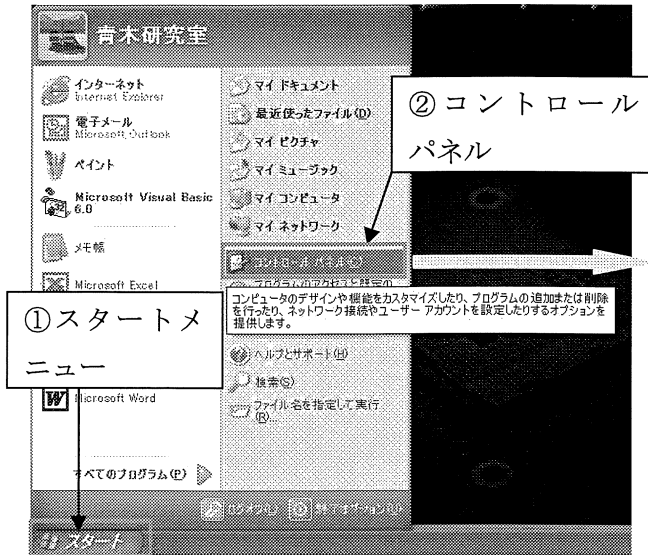


図 A.6 コントロールパネルの選択

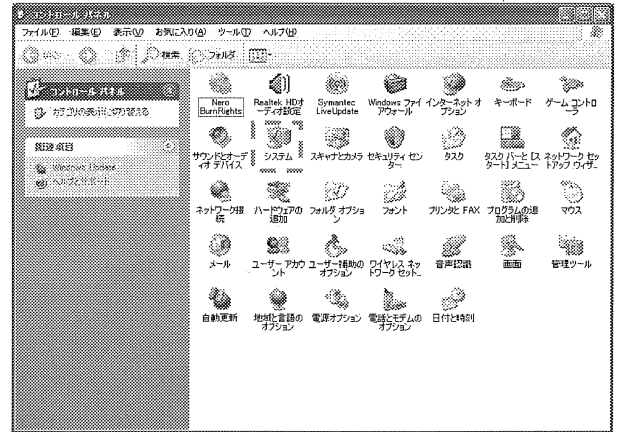


図 A.7 コントロールパネル

- ⑤ 図A.10に示す、通信ポートのプロパティのPort Setting ラベルの下に「Advanced..」ボタンを押す。
- ⑥ 図A.11に示す通信ポート番号「COM Port Number」を確認し、必要により変更する。
- ⑦ 以上で全ての画面で「OK」ボタンを押して終了する。

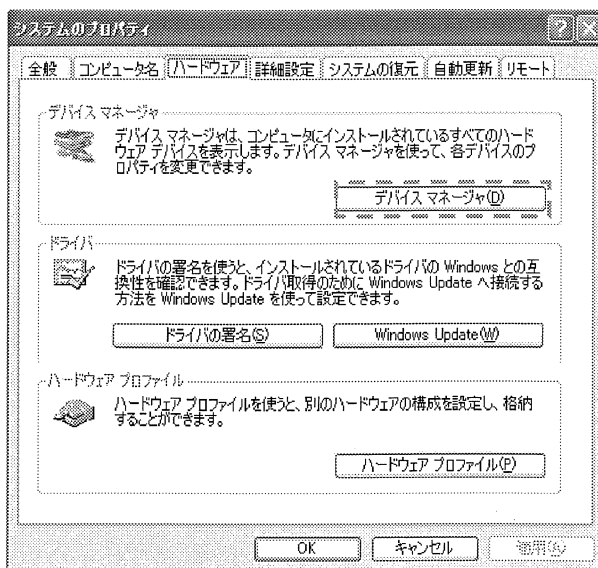


図 A.8 システムのプロパティ

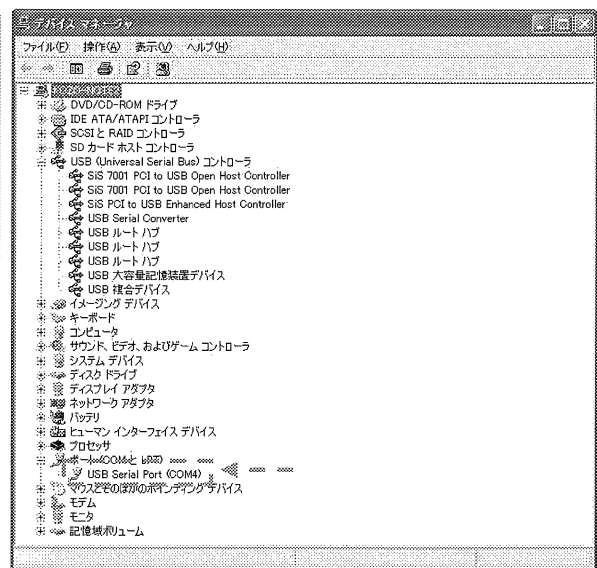


図 A.9 デバイスマネージャ

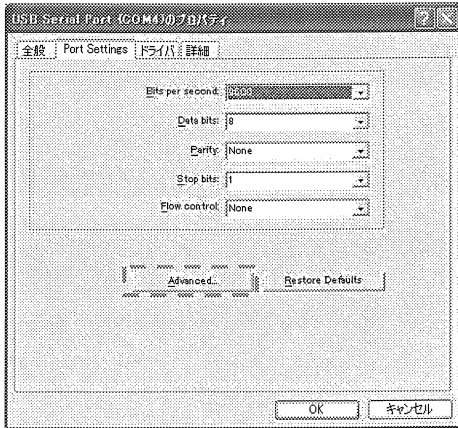


図 C.10 USB Serial Port

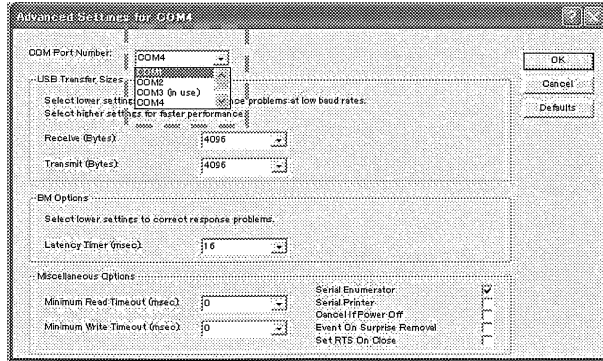


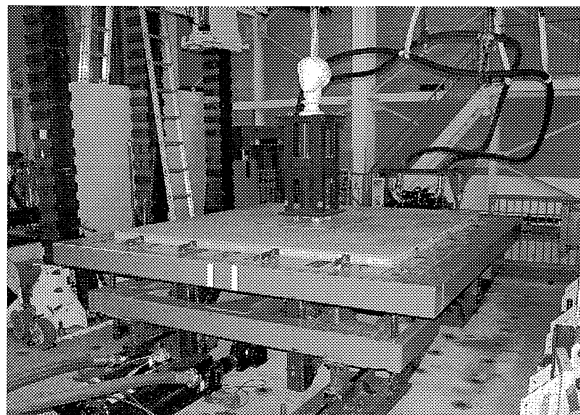
図 C.11 通信ポート番号

4.3 上下、水平動振動台の概要

今年度に、上下、水平動振動台を設計、製作したので、その概要をまとめる。

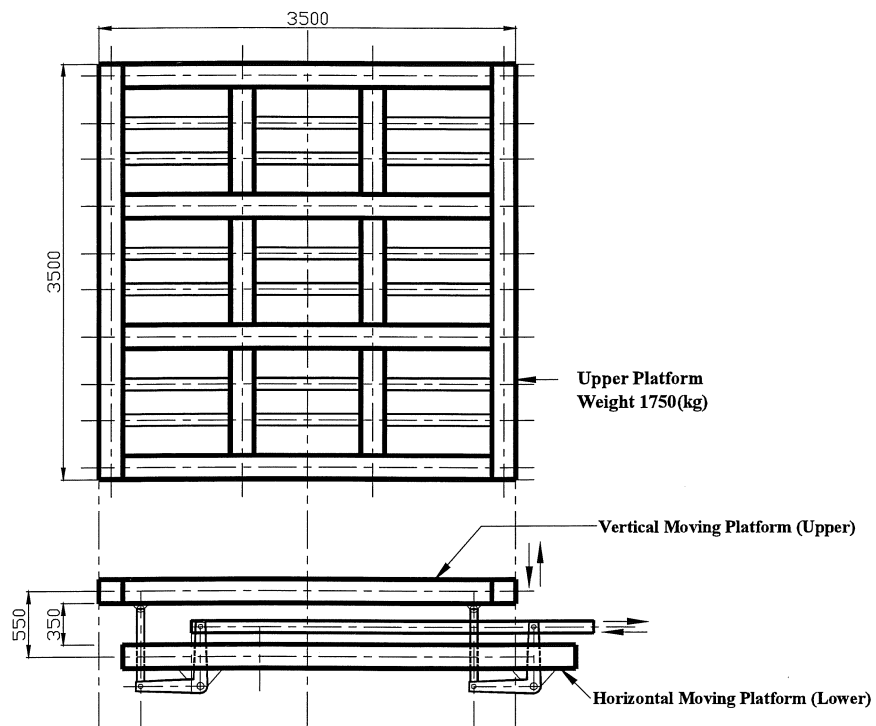
この振動台は、断面寸法 200 x 200mm の角型鋼管を溶接組み立てした鋼製フレーム 2 層から成り、米国 MTS 社製 25tf アクチュエータ 2 基を用いて、上下および水平 1 方向に約 5t の重量物が加震可能である（写真－1）。

上部フレームは図－1 (a)に示すように、平面寸法 3.5m x 3.5m で重量は約 1750kg あり、下部フレームの上に 350mm 離して 4 本の鉛直棒を介して設置されている。水平に移動する下部フレームには、鉛直振動用のアクチュエータを水平に設置し、その動きを L 型レバーにより鉛直方向に変換している。したがって、上下フレームは一体となって水平方向に同時に同じ振幅で動き、上フレームにはさらに上下の動きが加えられる機構となっている。このような構造とした理由は、既存の 2 本の 25tf アクチュエータを有効利用することと、アクチュエータの長さが約 2.6m と長いので、上下方向に設置するにはピットが必要となりこれを避けるためである。

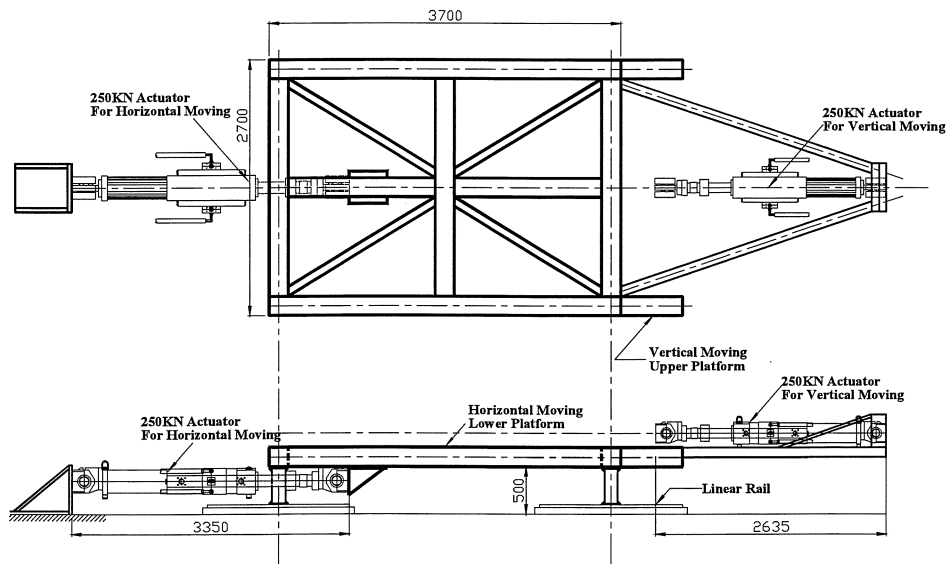


写真－1 振動台と彫像台

下部フレームは図－1 (b)に示すように、平面寸法 2.7m x 3.7m、重量約 1900kg で、水平に 1 方向移動できるリニアールール上に設置され、実験床に反力を取るよう固定された水平駆動用アクチュエータ 1 基が結合され、東西方向に加震できる。このアクチュエータの反対側には上下加震用の第 2 のアクチュエータがこのフレームの上に水平に固定されている。上部フレームの反力はこの下部フレームから取る。



(a) 上フレーム寸法



(b) 下フレーム 寸法

図-1 振動台の形状および寸法

4.4 失敗例と改善策

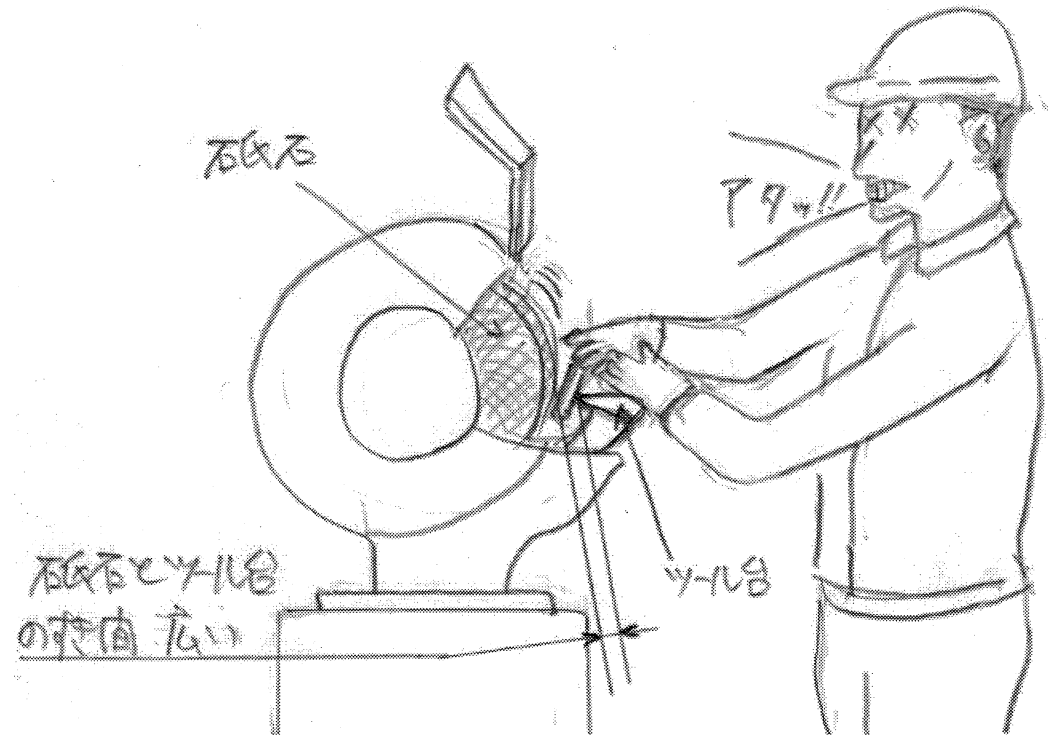
毎年、いくつかの失敗の例が生じる。これは普通からいえば、隠したくなるが、失敗の事例は、あとから続くものにとっては非常に重要な教訓、情報となるので、あえて報告書に記録しておく。失敗の責任は実験の当事者、およびセンター長にある。

4.4.1 トラブル事例報告1：固定式大型グラインダーへの巻き込まれ事故

4.4.2 トラブル事例報告2：リケンアクチュエータの仕様切り替え忘れトラブル

4.4.3 トラブル事例報告3：油圧源起動時のMTSアクチュエータ暴走トラブル

トラブル事例報告 1

トラブル名 固定式大型グラインダーへの巻き込まれ事故	
トラブル発生日 H21年12月 8日 11時00分頃	発生場所 or 個所 固定式大型グラインダー 南側通路付近
トラブル内容 (出来るだけ詳しくまた図示等を交え解り易く記入) 学生が固定式大型グラインダーを使って鋼材部品の角取りをしていた所、誤って鋼材部品が砥石に巻き込まれ、その時の衝撃で鋼材が手に当たってしまい怪我を負った。	
	
被害状況 右手中指先端部 (爪の上) の裂傷	
原因 1. ツール受けと砥石との隙間が広がった。 2. 小さい鋼材 (20mm角×50) を手で安易に加工したため。	
対策 1. ツール受けと砥石との隙間は3mm程度に保つという注意書きを設ける。 2. 小さい物を加工するときは、ペンチ等で持って加工する様注意書きを設ける。	

トラブル事例報告 2

トラブル名	
リケンアクチュエータの仕様切り替え忘れトラブル	
トラブル発生日	発生場所 or 個所
H22年 2月 8日 (月)	2軸载荷試験装置及びリケンコントローラー部
トラブル内容 (出来るだけ詳しくまた図示等を交え解り易く記入)	
<p>2軸载荷実験にて、鉛直载荷用アクチュエータをリケン製100tから200tに取り換えて実験を再開したところ、実験供試体が想定外の異常な壊れ方をした。</p> <p>このため原因を調査したところ、アクチュエータを200tに換えたにも関わらずコントローラー側の仕様を100tのまま、200t仕様に変更していなかった事が判明した。</p> <p><u>*60tの力をかけているつもりでも実際には倍の120tの力が加かったことになる</u></p>	
◎今まで使っていた所で、アクチュエータを交換する場合 (たとえば100tから200t)	
1) 当然アクチュエータは取り替え、信号線・油圧ホースは200t用ACに取り付ける。	
2) 備え付けの制御パソコンの初期設定プログラムからアクチュエータサイズを100tから200tにチェックを切り替える。	
3) コントローラー下部にあるDA-16Aのロードセル校正値を200tの固有校正値に変更する。(固有校正値は下部に明記してある)	
以上3点の変更をしなければならない。	
被害状況	
人的被害は無し	
原因	
実験担当者のアクチュエータ仕様変更忘れ	
対策	
1. 安全教育時にトラブル事例として報告し、学生に注意を促す。	
2. リケンコントローラー部にトラブル事例を掲示し、実験担当学生に注意させる。	

トラブル事例報告 3

トラブル名 油圧源起動時のMTSアクチュエータ暴走トラブル	
トラブル発生日 H22年 3月30日 (火)	発生場所 or 個所 ダンパーの载荷実験場所
トラブル内容 (出来るだけ詳しくまた図示等を交え解り易く記入) せん断パネルダンパーの载荷実験 (MTS100Tアクチュエータを鉛直並列使用) にて暖機運転のため油圧ポンプをローに入れ (この時アクチュエータ先端部がゆっくり10%ほど上昇しゆっくり元に戻った) その後ハイに切り替えた所、突然アクチュエータが暴走し (急に伸びて) 先端部支え台を破壊してしまった。	
被害状況 人的被害は無し、ただし支え台が破壊された。	
原因 HSM1 (No.1 油圧取り出し口) のOFF⇄ロー制御コントロールバルブの劣化による作動不良。 OFF⇄ロー制御コントロールバルブのOFF側作動に不具合があり、油圧源を起動させた時通路が遮断できないため、直接アクチュエータに油圧がかかって動いたものである。	
対策 <ol style="list-style-type: none"> OFF⇄ロー制御コントロールバルブの交換。 バルブ入荷に時間がかかるため、今回暫定処置としてOFF⇄ロー制御バルブを別のHSMのものに入れ替えて対応、また、新規にバルブを購入した。 MTSコントローラー部にトラブル事例を掲示し、実験担当学生に注意させる。 	