

機械システム診断機

Machining State Monitoring System (MS<sup>2</sup>)

ソフトウェア説明書

2004 / 03 / 10 Ver1.0

株式会社 数理設計研究所





## はじめに

本ソフトウェア (Machining State Monitoring System: 以下、MS<sup>2</sup>) は、外部より入力された音声信号を用いて機械システムの状態を診断するものです。

入力された音声信号に対し時系列解析手法 (ARMA モデリング) を適用して音声信号の推定波形を求め、この推定波形と実際に入力された音声信号との差 (残差) を監視することで機械システムの診断を行っています。

MS<sup>2</sup> ではサウンドカードを用いて音声信号をサンプリングしますが、音声信号の代わりに振動加速度信号などをサウンドカードに入力することにより、各種の用途に適用できます。  
(なお、本説明書では入力信号は音声信号であるものとして説明します)

本ソフトウェアは Microsoft Windows 上でのみ動作します。また音声信号を入力するため、本ソフトウェアを動作させる PC は、音声入力端子を有し、サウンドカードを装備している必要があります。

## 診断の流れ

MS<sup>2</sup> は、以下の手順で機械システムの診断を行います。

- ・ サウンドブラスターなどのサウンドカードを用いて音声信号をサンプリング  
    サンプリング仕様  
        サンプリング周波数     5kHz  
        量子化ビット数        16bit  
        入力チャンネル数       1
- ・ サンプリングした音声信号に対し ARMA モデリングを適用し、音声信号の推定波形を算出
- ・ 算出された音声信号推定波形と実際にサンプリングした音声信号との差 (残差) を算出
- ・ 算出された残差の各種統計量を算出  
    算出する統計量  
        残差の平均値  
        残差の分散  
        残差の標準偏差  
        残差の波形率  
        残差の歪み度  
        残差の尖り度
- ・ 残差の各種統計量をもとに機械システムの状態を診断

# 各部の名称

## メイン画面



### 波形表示エリア

入力した音声信号の波形、音声信号推定波形、および残差の波形を表示します。

### 分析結果表示エリア(グラフ)

音声信号から計算した残差の統計量の推移をグラフで表示します。

### 分析結果表示エリア(数値)

音声信号から計算した残差の統計量の瞬時値を数値で表示します。

### 状態表示エリア

残差の統計量をもとに判断した機械システムの状態を表示します。

### 計測時間表示エリア

音声信号を計測した時間を表示します。また、ARMA モデリングの設定(計算時間、パラメータの次数)もこのエリアに表示されます。

## 設定画面

時間設定	
<input checked="" type="radio"/>	0.2sec
<input type="radio"/>	0.5sec
<input type="radio"/>	1.0sec
<input type="radio"/>	2.0sec
<input type="radio"/>	3.0sec
<input type="radio"/>	6.0sec

ARMA	
AR	4
MA	3

表示スパン		
	min	max
平均値	0	~ 64
分散値	0	~ 2048
標準偏差	0	~ 64
波形率	1.5	~ 3
歪み度	1.5	~ 3
尖り度	2	~ 5

警報設定			
	警戒	危険	選択
平均値	70 %	80 %	<input checked="" type="checkbox"/>
分散値	70 %	80 %	<input checked="" type="checkbox"/>
標準偏差	70 %	80 %	<input checked="" type="checkbox"/>
波形率	70 %	80 %	<input checked="" type="checkbox"/>
歪み度	70 %	80 %	<input checked="" type="checkbox"/>
尖り度	70 %	80 %	<input checked="" type="checkbox"/>

OK

### ARMA モデリング計算時間設定

1 回の ARMA モデリングで用いる音声信号の長さを時間で設定します。

### 表示スパン設定

残差の各種統計量の最小値・最大値を設定します。

### 警報設定

残差の各種統計量がどのくらいの値になったら警報表示を行うかを設定します。  
また、どの統計量を警報判断に用いるかの設定もここで行います。

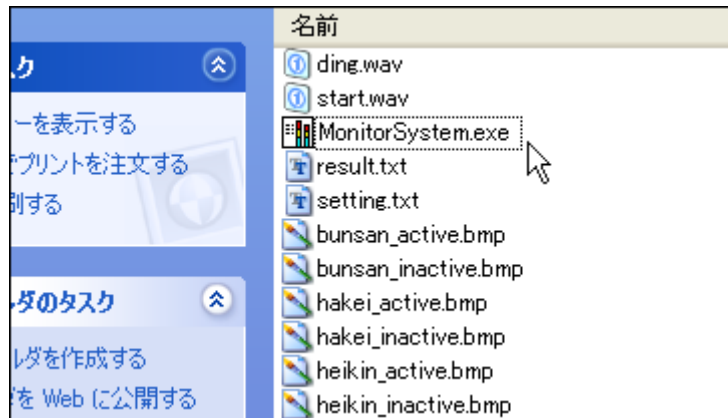
### ARMA パラメータ次数設定

ARMA パラメータ (AR パラメータ、MA パラメータ) の次数を設定します。

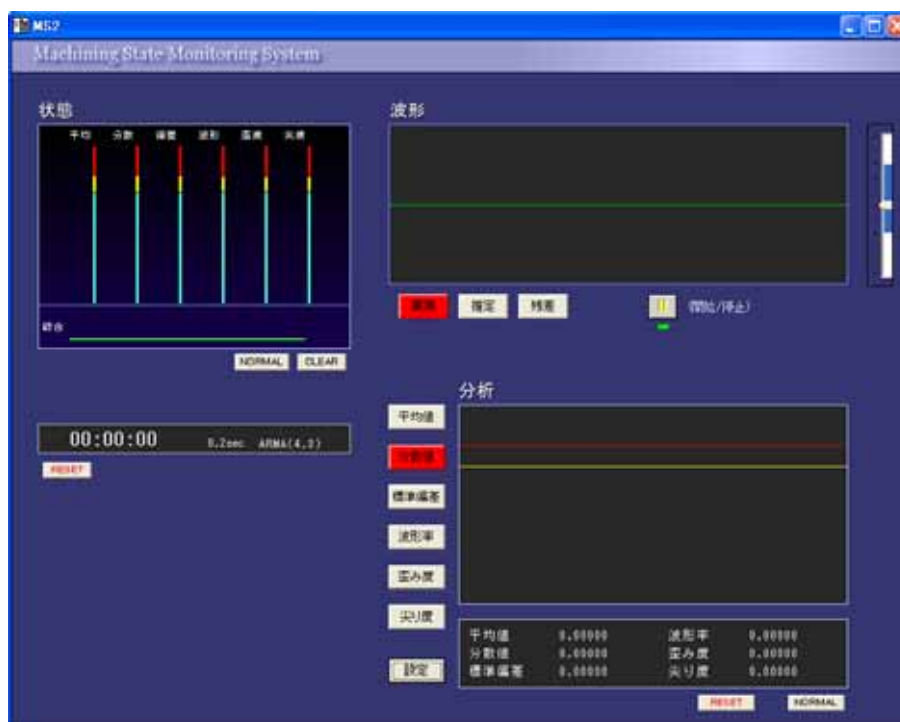
## ソフトウェアの起動と終了

### ソフトウェアの起動


MonitorSystem.exe をクリックします。



すると、MS<sup>2</sup>のソフトウェアが起動し、以下のメイン画面が表示されます。

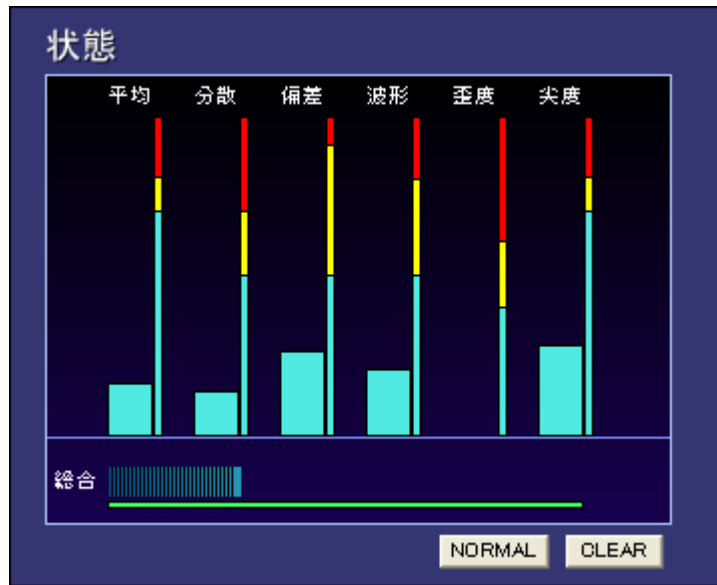


### ソフトウェアの終了

MS<sup>2</sup>のメイン画面右上にある  ボタンを押すと、ソフトウェアが終了します。

## 状態表示エリア

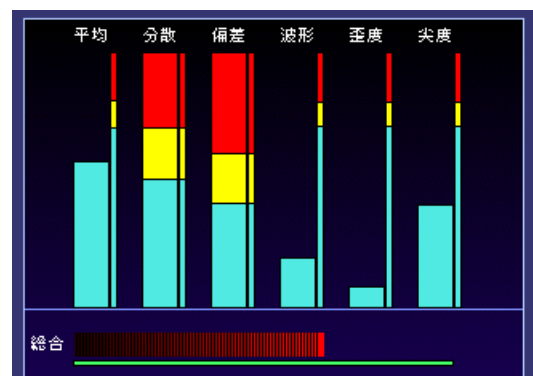
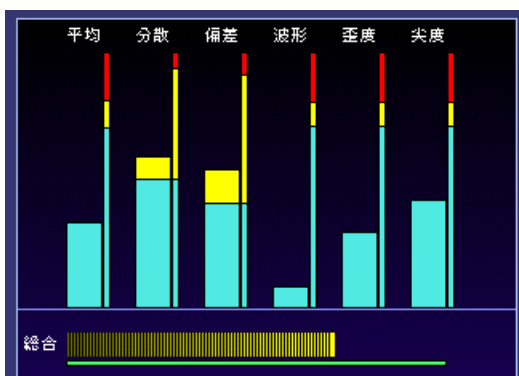
状態表示エリアは機械システムの状態を表すエリアで、MS<sup>2</sup>における最も重要な部分となっています。



この状態表示エリアには、残差の平均値～尖り度までの統計量の瞬時値がバーで表示されます。このバーは、設定画面(後述)で設定した表示スパンの値にもとづいて計算された百分率を表しています。すなわち、設定画面で設定された表示スパンの最小値を 0%、最大値を 100%としてバー表示しています。

状態表示エリアのバー表示には太いバーと細いバーの2種類があります。太いバーは統計量の瞬時値を表し、常に表示されている細いバーは、警報の設定を表しています。細いバーの黄色い部分は設定画面で設定された「警戒」の領域を表し、細いバーの赤い部分は設定画面で設定された「危険」の領域を表しています。そして、各統計量の瞬時値を表す太いバーがこの「警戒」「危険」の領域に達したとき、その統計量から判断して機械システムが「警戒」「危険」の状態になったことを表します。

また、残差の平均値～尖り度までの6種類の統計量をもとに総合的な判断を行った結果が、各統計量を表すバー表示の下に横向きのバーで表示されます。この総合判断結果のバー表示も百分率表示で、バーの高さは、6種類の各統計量を表すバー表示のうち最も高いバーの高さと同じになっています。また、各統計量のバーがどの領域にあるか(「警戒」領域にあるのか「危険」領域にあるのか、そのいずれでもないのか)によって、総合判断結果のバーの色が変わります。各統計量のバーのうち、いずれか2つ以上が同時に「警戒」領域に達したとき、総合判断結果のバーの色が黄色になります。また、各統計量のバーのうち、いずれか2つ以上が同時に「危険」領域に達したとき、総合判断結果のバーの色が赤になります。



このように、状態表示エリアを見ることで機械システムの状態を判断することができます。

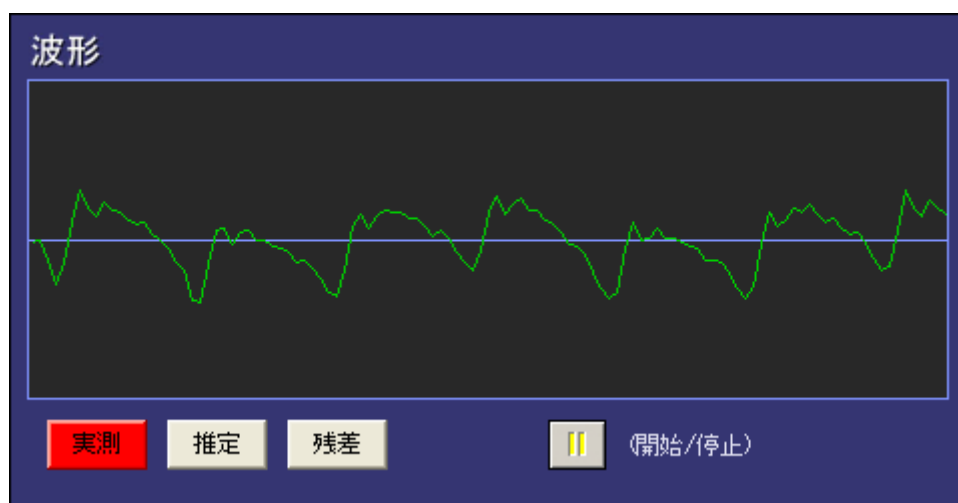
## 操作

### 音声信号の測定開始と停止

MS<sup>2</sup> 起動直後は、音声信号測定停止状態になっています。音声信号の測定を開始するには、波形表示エリアの下にある測定開始/停止ボタンを押します。



測定を開始すると、測定した音声信号が波形表示エリアに表示されます。



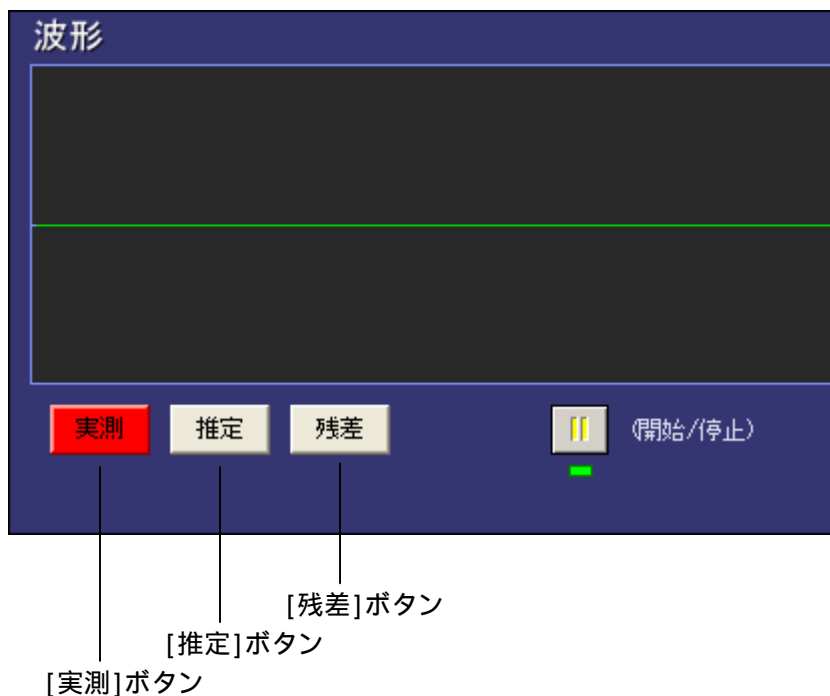
音声信号の測定を停止する場合は、もういちど測定開始/停止ボタンを押します。

測定停止状態では、測定開始/停止ボタンの下に緑色のランプが表示されます。測定を開始するとこのランプは消えます。

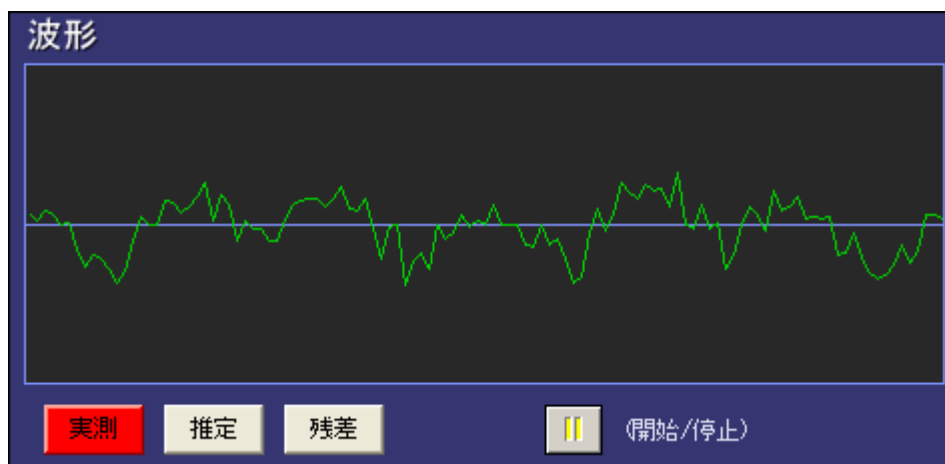
## 波形表示エリアに表示する波形の切り替え

波形表示エリアには、音声信号の実測波形、音声信号の推定波形、および残差の波形を表示することができます。

表示する波形を切り替えるには、波形表示エリアの下にある [実測] [推定] [残差] ボタンを使います。

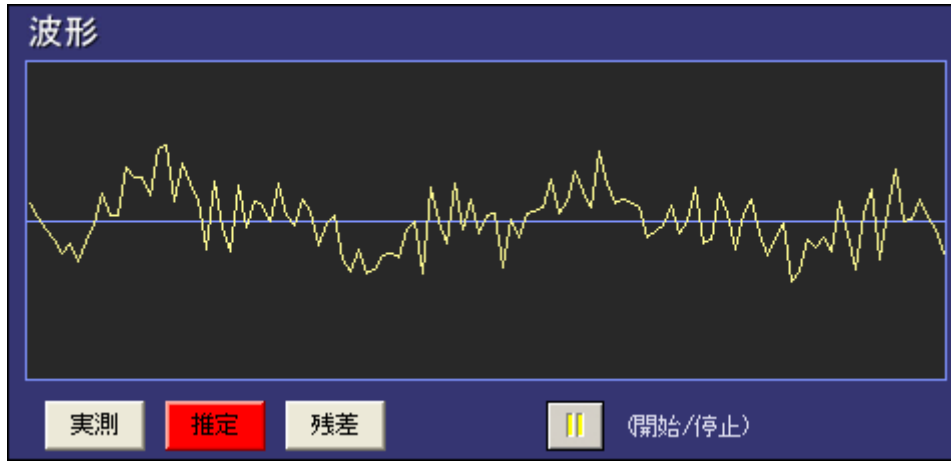


[実測]ボタンを押すと、実測波形の表示/非表示が切り替えられます。実測波形を表示している状態では[実測]ボタンが赤くなります。実測波形は緑色で表示されます。



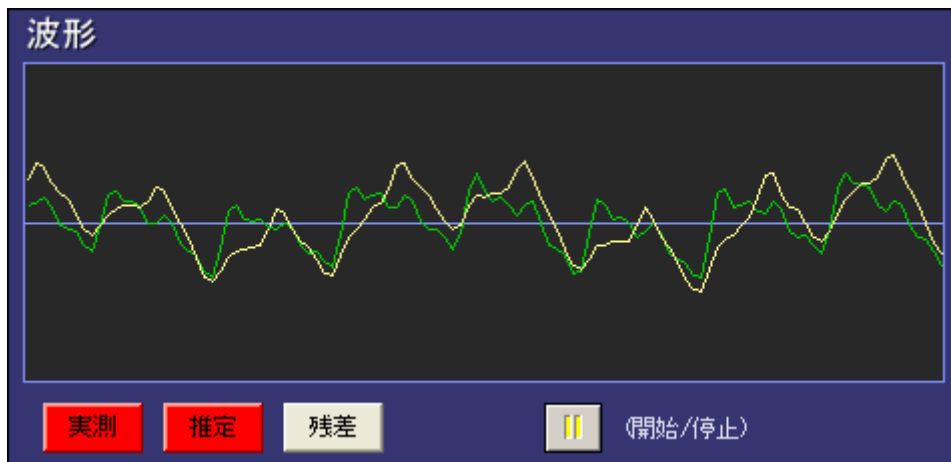
実測波形を表示したところ

[推定]ボタンを押すと、推定波形の表示/非表示が切り替えられます。推定波形を表示している状態では[推定]ボタンが赤くなります。推定波形は黄色で表示されます。



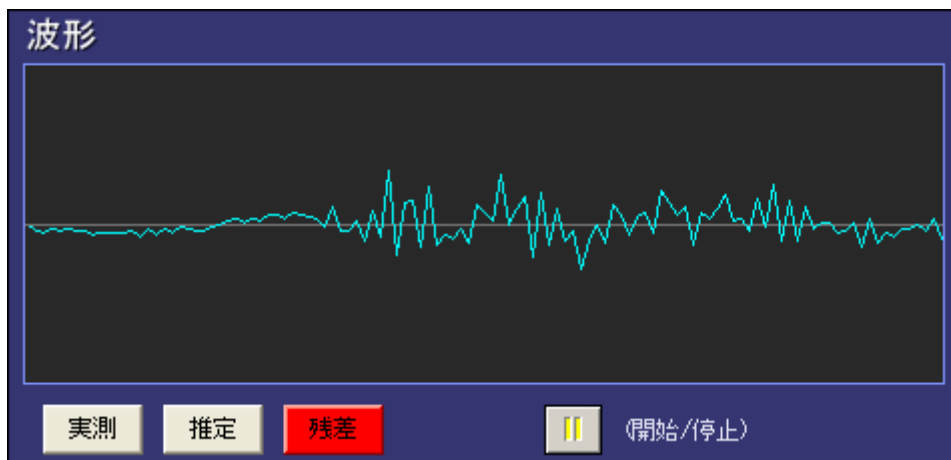
推定波形を表示したところ

また、実測波形と推定波形は同時に表示できます。



実測波形と推定波形を同時に表示したところ

[残差]ボタンを押すと、残差の波形の表示/非表示が切り替えられます。残差の波形を表示している状態では [残差]ボタンが赤くなります。残差の波形は水色で表示されます。

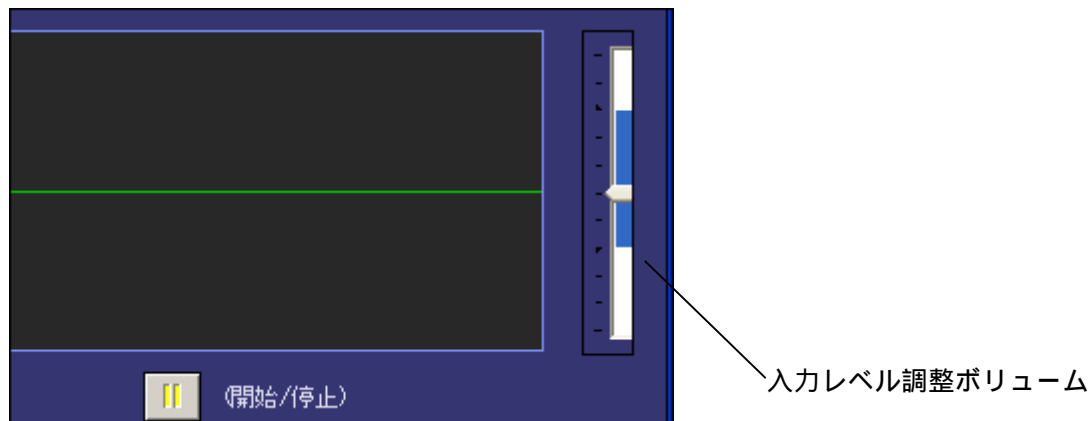


残差の波形を表示したところ

残差の波形と実測波形/推定波形は同時に表示できません。残差の波形が表示されている状態で再度[残差]ボタンを押すと、実測波形/推定波形の表示に切り替わります。

## 音声信号のレベル調整

音声信号のレベルを調整するには、波形表示エリアの右にある入力レベル調整ボリュームを使います。



入力レベル調整ボリュームのスライドを上に出ると入力レベルが大きくなり、スライドを下に出ると入力レベルが小さくなります。

入力レベル調整ボリュームは3つのエリアに分かれています(中央の青いエリアとその上下のエリア)。スライドが上のエリアにあるときは、スライドが中央の青いエリアにあるときに比べて入力レベルが4倍になります。また、スライドが下のエリアにあるときは、スライドが中央の青いエリアにあるときに比べて入力レベルが1/4になります。

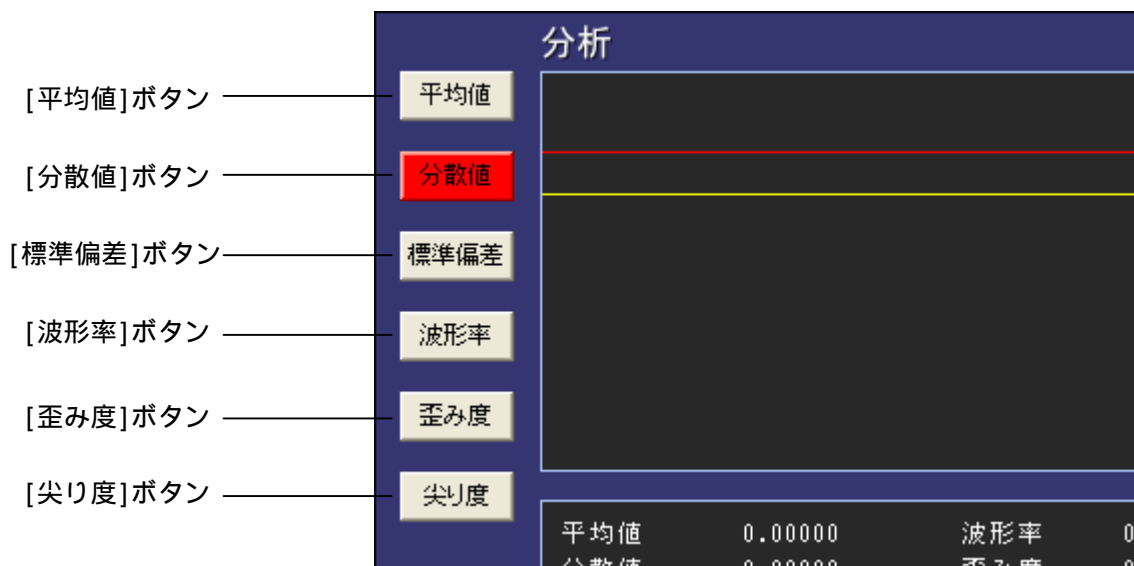
## 分析結果表示エリアの表示内容切り替え

分析結果表示エリアには以下の各統計量が表示できます。

- ・ 残差の平均値
- ・ 残差の分散
- ・ 残差の標準偏差
- ・ 残差の波形率
- ・ 残差の歪み度
- ・ 残差の尖り度

各統計量の推移がグラフで表示され、また各統計量の瞬時値が数値で表示されます。このグラフ表示は、状態表示エリア同様に百分率で表示されます。また、状態表示エリアと同じく「警戒」および「危険」のしきい値を表す線が表示されています（「警戒」のしきい値は黄色い線で、「危険」のしきい値は赤い線で表示されています）。

分析結果表示エリアにどの内容を表示するかは、分析結果表示エリアの左にある [平均値] [分散値] [標準偏差] [波形率] [歪み度] [尖り度] ボタンを使って切り替えます。

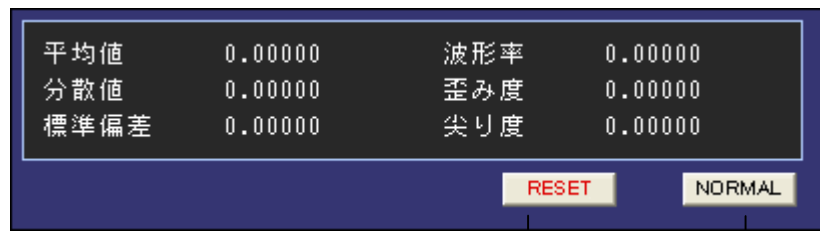


これらのボタンを押すと、押したボタンに対応した内容が分析結果表示エリアに表示されます。また、選択したボタンが赤くなります。起動時は分散値が選択されています。

分析結果表示エリアのグラフ表示は、デフォルトで過去約20秒間の統計量を表示するようになっていますが、計測開始から現在までの統計量を全てグラフ表示することもできます。この表示の切り替えは、分析結果表示エリアの下にある分析グラフ表示切替ボタンを押すことで行うことができます。

デフォルトの状態では、分析グラフ表示切替ボタンには「NORMAL」と表示されています。この状態で切替ボタンを押すと、ボタンの表示が「TOTAL」に変わり、計測開始から現在までの統計量がグラフ表示されるようになります。この状態でもういちど切替ボタンを押すと、ボタンの表示が「NORMAL」に戻り、デフォルトのグラフ表示（過去約20秒間の統計量を表示）に戻ります。

過去に計算された統計量を全てクリアするには、分析結果表示エリアの下にある分析結果リセットボタンを押します。このボタンを押すと、統計量がクリアされると同時に、計測時間表示エリアに表示されている時間も00:00:00 にクリアされます。



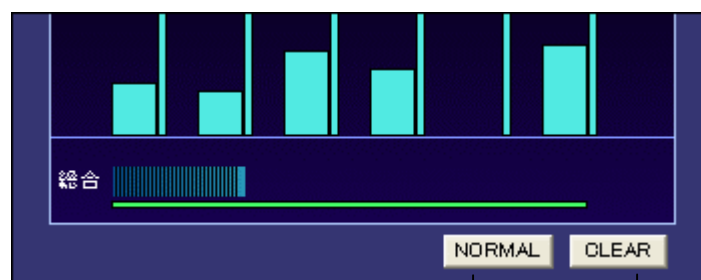
分析結果リセットボタン

分析グラフ表示切替ボタン

### 状態表示エリアの表示内容切り替え

各統計量を表すバー表示がどの領域にあるかによって総合判断結果のバー表示の色が変わりますが、デフォルトの状態では、総合判断結果のバー表示の色がいちど黄色や赤に変わると、元の色には戻らないようになっています。すなわち、バーの色は水色 黄色 赤 と変化しますが、その逆には変化しません。総合判断結果のバー表示が黄色または赤に変化後、機械システムの状態が正常に復帰したときに総合判断結果のバーの色を元に戻したい場合は、状態表示エリアの下にある総合判断クリアボタンを押します。

また、総合判断クリアボタンを押さなくても、機械システムの状態が正常に復帰したときに、自動的に総合判断結果のバーの色が元に戻るようには、状態表示エリアの下にある状態表示切替ボタンを押します。デフォルトの状態では、状態表示切替ボタンには「NORMAL」と表示されています。この状態で切替ボタンを押すと、ボタンの表示が「REAL」に変わり、総合判断結果のバーの色が自動的に元の色に戻ります。この状態でもういちど切替ボタンを押すと、ボタンの表示が「NORMAL」に戻り、デフォルトの表示状態に戻ります。

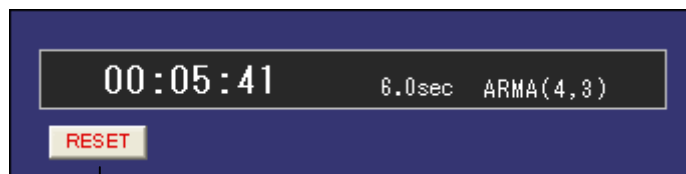


状態表示切替ボタン

総合判断クリアボタン

## 計測時間のリセット

計測時間を 00:00:00 にリセットするには、計測時間表示エリアの下にある計測時間リセットボタンを押します。

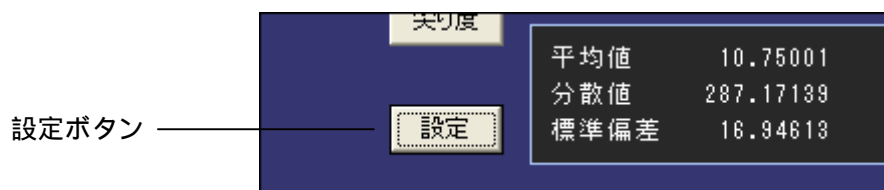


計測時間リセットボタン

この計測時間リセットボタンは、分析結果リセットボタンとは違い、統計量のリセットとは連動していません。統計量のリセットは行わず、計測時間のみをリセットします。

## 設定

各種の設定は設定画面で行います。設定画面を表示するには、メイン画面上の[設定]ボタンを押します。



設定画面

### ARMA モデリング計算時間設定

1 回の ARMA モデリングで用いる音声信号の長さを時間で設定します。

0.2sec ~ 6.0sec の 6 種類の時間が設定できます。モデリングで使用する信号の時間が長いほどモデリングの結果が安定しますが、その反面、リアルタイム性が低くなります。

### 表示スパン設定

状態表示エリアおよび分析結果表示エリアに表示する残差の統計量の表示スパンを設定します。状態表示エリアおよび分析結果表示エリアでは、ここで設定された最小値を 0%、最大値を 100%として、バー表示やグラフ表示を行います。


### 警報設定

状態表示エリアや分析結果表示エリアで使用する「警戒」や「危険」のしきい値を百分率で設定します。

また、どの統計量を「警戒」や「危険」の判断に使用するかもここで設定します。チェックがついている統計量が「警戒」や「危険」の判断に使われます。

### ARMA パラメータ次数設定

ARMA パラメータ (AR パラメータ、MA パラメータ) の次数を設定します。デフォルトの設定では ARMA(4,3)モデルを用いてモデリングするようになっています。

設定値画面を閉じるには、[OK]ボタンを押すか、設定画面右上の  ボタンを押します。設定画面を閉じた時点で設定値が確定します。

設定画面で変更した設定内容は MS<sup>2</sup>を終了するまで有効ですが、MS<sup>2</sup>を終了すると変更した内容は消えてしまいます。

次回起動時も変更した設定内容を使いたい場合は、MS<sup>2</sup>の実行ファイル(MonitorSystem.exe)があるフォルダと同じフォルダに setting.txt というファイルがありますので、このファイルの内容を編集してください。setting.txt には設定画面で設定するのと同じ項目の設定値が格納されており、MS<sup>2</sup>起動時に読み込まれるようになっています。

setting.txt はテキスト形式のファイルですので、メモ帳などのテキストエディタで編集できます。設定方法については setting.txt の中に記述してありますのでそちらを参照してください。なお、setting.txt の設定内容を変更後、テキスト形式で保存してください(Word などのワープロソフトで編集する場合は注意してください)。

## MS<sup>2</sup> で使われている統計量について

ここでは、MS<sup>2</sup>で使用する統計量について説明します。

### 平均値

$n$  個のデータ  $x_1, x_2, \dots, x_n$  があるとき、このデータ群の平均値を  $\bar{x}$  (または  $\mu$ ) で表し、次のように計算します。

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

平均値は、データ群を分布のグラフで表したときのグラフの中心位置を表しています。

### 分散値

$n$  個のデータ  $x_1, x_2, \dots, x_n$  があるとき、このデータ群の分散値を  $\sigma^2$  (シグマ2乗) で表し、次のように計算します。

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n}$$

分散値は、データ群を分布のグラフで表したときのグラフの広がり具合を表しています。

### 標準偏差

$n$  個のデータ  $x_1, x_2, \dots, x_n$  があるとき、このデータ群の標準偏差を  $\sigma$  (シグマ) で表し、次のように計算します。

$$\sigma = \sqrt{\sigma^2} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n}}$$

標準偏差も分散値同様、データ群を分布のグラフで表したときのグラフの広がり具合を表しています。

## 波形率

$n$  個のデータ  $x_1, x_2, \dots, x_n$  があるとき、このデータ群の波形率は次式で表されます。

$$\text{波形率} = \frac{\sigma}{\bar{x}}$$

## 歪み度

$n$  個のデータ  $x_1, x_2, \dots, x_n$  があるとき、このデータ群の歪み度を  $\sqrt{b_1}$  で表し、次のように計算します。

$$\sqrt{b_1} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3}{n\sigma^3}$$

歪み度は、データ群を分布のグラフで表したとき、グラフがどれだけ左右対称であるかを表しています。分布のグラフが左右対称に近いほど歪み度は 0 に近くなります。

## 尖り度

$n$  個のデータ  $x_1, x_2, \dots, x_n$  があるとき、このデータ群の尖り度を  $b_2$  で表し、次のように計算します。

$$b_2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^4}{n\sigma^4}$$

尖り度は、データ群を分布のグラフで表したときのグラフの尖り具合を表しています。データ群を分布のグラフにしたときにそのグラフが正規分布となる場合、尖り度が 3 になります。尖り度が 3 より大きくなると、分布のグラフは正規分布と比べてすそが広く中央部が尖った形になります。逆に、尖り度が 3 より小さくなると、分布のグラフはすそが狭く中央部がなだらかな形になります。