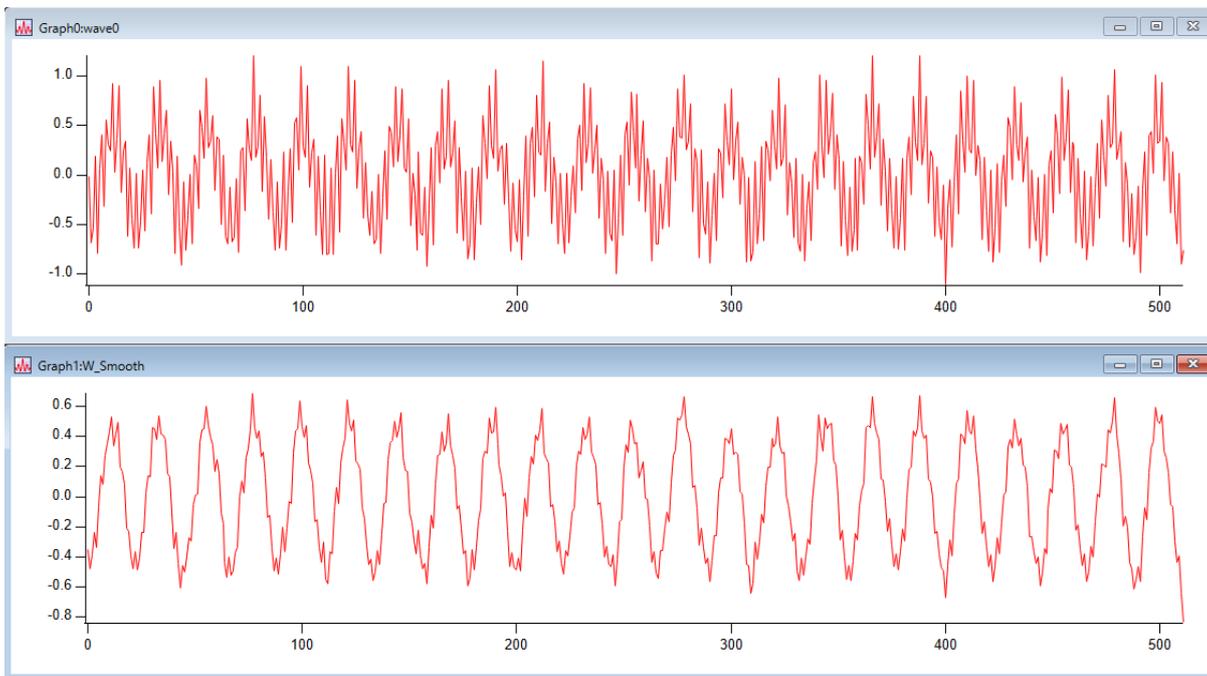


CONTENTS

ビジュアルヘルプ - Smooth.....	2
Smooth コマンドのヘルプ	2

ビジュアルヘルプ – Smooth

Smooth コマンドは、メニュー Analysis → Smooth を選択して、ダイアログでも操作できます。ここではダイアログで設定できるものはその場所と対比して説明します。細かな設定を行う場合はコマンドを使ってください。



Smooth コマンドのヘルプ

```
Smooth [/B[=b] /BLPF[=roundMode] /DIM=dim /E=endEffect /EVEN[=evenAllowed] /F[=f] /M=threshold /MPCT=percentile /R=replacement /S=sgOrder] num, wave0 [,wave1]...
```

Smooth コマンドでは、バイノミナル（ガウス）平滑化、ボックスカー（スライディング平均）平滑化、Savitzky-Golay（多項式）平滑化、または移動平均フィルタリングを使用して、指定されたウェーブを平滑化します。

パラメーター

num は、二項平滑化に適用される平滑化操作の回数、またはボックスカー、Savitzky-Golay、および移動平均平滑化の平滑化ウィンドウ内の点の整数、または /BLPF を使用する場合は、ローパス・カットオフ周波数です。

浮動小数点または整数の各ウェーブは、その場で平滑化され、平滑化された結果で値が上書きされます。waveName は、浮動小数点または整数のウェーブである可能性があります。

入力ウェーブが複素数の場合、実数部と虚数部はそれぞれ独立して平滑化されます。

入力ウェーブに NaN が含まれる場合、移動平均(/M) フィルタリングを 3 以上の平均で実行しない限り、平滑化の結果は満足のいくものではありません。

Loess コマンドは NaN を埋めることができます。また、Interpolate2 コマンドは NaN と INF を無視します。

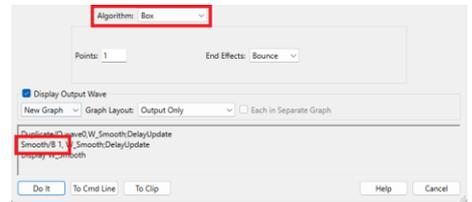
フラグ

/B[=b]

ボックスカー平滑化アルゴリズムを呼び出します。

bが指定された場合、平滑化係数 num (ボックス幅) でデータを平滑化する時に使うパス (繰り返し) の回数を指定します。

パスの回数は、1 から 32767 までの任意の値にすることができます。



/BLPF[=roundMode]

num パラメーターをローパス・カットオフ周波数と解釈し、二項平滑化に適用する平滑化操作の整数を計算し、その後、平滑化を実行します。

/BLPF は Igor Pro 8.0 で追加されました。

平滑化処理の計算された回数は、V_iterations に返されます。

$$V_iterations = \ln(\sqrt{2}) \left(\frac{1}{(\pi f_{cn})^2} - \frac{1}{6} \right)$$

ここで $f_{cn} = num * \text{DimDelta}(\text{wave0}, \text{dim})$ です。

roundMode が 1 の場合、V_iterations は整数に切り捨てられます。

roundMode を使わずに /BLPF を単独で使う場合は、これがデフォルトとなります。

roundMode が 2 の場合、V_iterations は整数に切り上げられます。

f_{cn} はナイキスト正規化されたカットオフ周波数であり、0.182028 以下であるべきです。その結果、V_iterations=1 となります。

カットオフ周波数は "half power point" と呼ばれ、平滑フィルタの振幅応答が $1/\sqrt{2} \approx 0.707107$ まで低下する周波数を指します。

/DIM=*dim*

ウェーブの平滑化の次元を指定します。

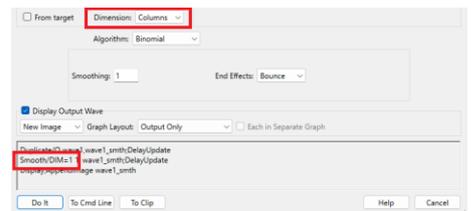
dim = -1 : 全ウェーブを 1D として扱う (デフォルト)

dim = 0 : 行に沿って処理

dim = 1 : 列に沿って処理

dim = 2 : レイヤーに沿って処理

dim = 3 : チャンクに沿って処理



/E=*endEffect*

欠落した隣接値を生成する時のウェーブの端の処理方法 (次の説明にある "w") を決定します。

endEffect = 0 : バウンス法 (デフォルト)。

欠落している $w[-i]$ の代わりに $w[i]$ を使い、欠落している $w[n+i]$ の代わりに $w[n-i]$ を使います。

endEffect = 1 : ラップ法。

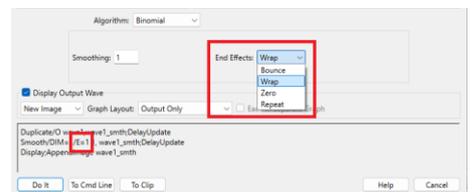
欠落している $w[-i]$ の代わりに $w[n-i]$ を使い、その逆も行います。

endEffect = 2 : ゼロ法。

欠損値にはすべて 0 を使います。

endEffect = 3 : 繰り返し法。

不足している $w[-i]$ の代わりに $w[0]$ を使い、不足している $w[n+i]$ の代わりに $w[n]$ を使います。



/EVEN[=*evenAllowed*]

ボックスカー平滑化 (/B) の平滑化増分を指定します。

0 : num の偶数部分を次の奇数まで増分します。

/EVEN が省略された場合のデフォルト。

1 : 平滑化出力に半サンプルのシフトが導入されるにもかかわらず、num の偶数値をボックスカー平滑化に使用します。

(バージョン 6 より前では、このシフトは防止されていた)。
/EVEN 単独と同じです。

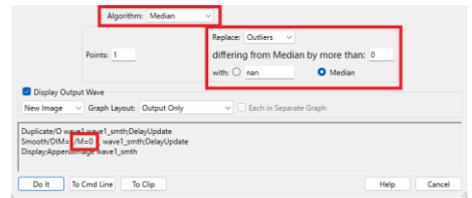
/F[=f] ボックスカーまたはマルチパス二項平滑化法を選択します。
f=0 : 遅いですが正確な方法 (デフォルト)。
f=1 : 高速な方法。 /F と同じ。

/M=threshold 移動平均平滑化を呼び出し、「外れ値」を置き換えるために使う絶対的な数値閾値を指定します。
中央値と threshold を超える量で異なるポイントは、/R で指定された replacement 値、または中央値の値で置き換えられます。
特別な threshold は次のものです。

0 : すべての値を移動平均値または置換値に置き換えます。

NaN : NaN の入力値のみを移動平均値または置換値に置き換えます。

平滑化係数 num は、各中央値を計算するために使われる平滑化ウィンドウ内のポイントの数です。

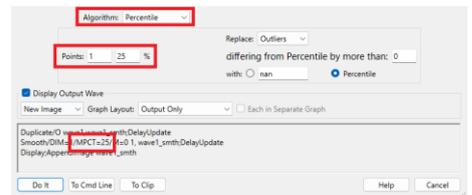


/MPCT=percentile

/M と共に使って、中央値とは異なるパーセンタイルの平滑化された値を計算します。

/MPCT を使う場合は、/M を指定する必要があります。

パーセンタイルは、0 から 100 までの値です。



大まかに言うと、返される平滑化された値は、値のパーセンタイルの最小値よりも大きい平滑化ウィンドウ内の最小値です。

下記「中央値とパーセンタイル平滑化の詳細」を参照してください。

percentile=0 : 平滑化された値は、平滑化ウィンドウ内の最小値です。

percentile=50 : 平滑化された値は、平滑化ウィンドウ内の値の中央値です。

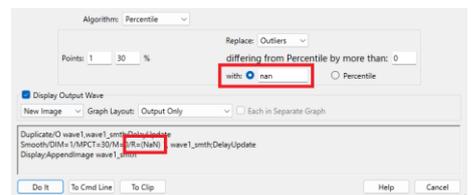
/MPCT が省略された場合、これがデフォルトとなります。

percentile=100 : 平滑化された値は、平滑化ウィンドウ内の最大値です。

/R=replacement

中央値を超える入力値を threshold で置き換える値を指定します (/M が必要)。

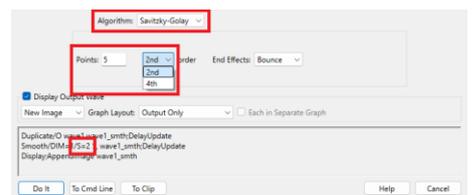
replacement は任意の値 (waveName が浮動小数点数の場合は NaN または +/-Inf を含む) です。



/S=sgOrder

Savitzky-Golay 平滑化アルゴリズムを呼び出し、平滑化の次数を指定します。

sgOrder は 2 または 4 のいずれかでなければなりません。



二項平滑化の詳細

二項式平滑化の場合は、/BLPF、/DIM、/E、および/F 以外のフラグは使わないでください。

/BLPR を使わない場合は、num は 1 から 32767 までの間の平滑化操作の回数です。

/BLPF を使っている場合、num はローパス・カットオフ周波数であり、wave0 のサンプリング周波数の 0.182028 倍未満でなければなりません。

計算された平滑化係数は V_iterations に返されます。

f_{cn} の値が非常に小さい場合 (≈ 0.0007 以下)、平滑化処理の過剰または範囲不足 (ウェーブポイントが少なすぎる) によりエラーが発生します。

Igor Pro 6 以降では、二項式平滑化アルゴリズムは、num が 50 以上の場合は、ほぼ等価ですがより高速なマルチパスボックス平滑化に自動的に切り替わります。

次のグローバル変数を設定することで、ボックス平滑化への切り替えを防ぐことができます。

```
Variable/G root:V_doOrigBinomSmooth=1
```

二項平滑化アルゴリズムは入力データ内の NaN を検知せず、無視します。

NaN を埋めるには、Loess または Interpolate2 を使います。

ボックスカー平滑化の詳細

ボックスカー平滑化を行うには、/B フラグと 1 から 32767 までの数値を使用します。

num < 2 の場合は、平滑化は行われません。

num が偶数で /EVEN が指定されていない場合、num は次の (奇数) 整数にインクリメントされます。

num が偶数で /EVEN が指定されている場合、平滑化された各出力は、将来の値よりも 1 つ前の値から形成されます。

高速ボックスカー平滑化 (/F) アルゴリズムは、データに大きなオフセットがある場合に小さなエラーを発生させます。

一部のデータセットでは、平滑化の前にデータの平均値を差し引き、その後で差し引いた平均値を再び加えることが望ましい場合があります。

ボックスカー平滑化アルゴリズムは、入力データ内の NaN を検知し、無視します。

num が出力点付近の NaN の数より少ない場合、結果は NaN となります。

そうでない場合は、NaN ではない近傍点の平均値が、平滑化された結果を計算するために使用されます。

Savitzky-Golay 平滑化の詳細

Savitzky-Golay 平滑化を行うには、/S フラグと 5 から 25 の奇数数値を使います。

num の値が偶数だとエラーが返されます。

sgOrder = 4 の場合、num = 5 ではまったく平滑化されないため、num は少なくとも 7 にする必要があります。

Savitzky-Golay 平滑化アルゴリズムは、入力データ内の NaN を検知せず、無視します。

中央値とパーセンタイルによる平滑化の詳細

移動平均平滑化を行うには、/M フラグと 1 から 32767 までの数値を使います。

num が 1 の場合、平滑化は行われません。

num が偶数の場合、中央値は 2 つの中央値の平均値です。

例えば、data[i] 周辺の 6 つの値の中央値は、data[i-3]、data[i-2]、data[i-1]、data[i]、data[i+1]、data[i+2] の中央値であり、これらの値がすでにソートされている場合、中央値は data[i-1] と data[i] の平均値となります。

/M=0 を使うと、平滑化ウィンドウ内のすべての値が中央値に置き換えられます。

また、/M=threshold/R=(NaN) を使うと、外れ値が NaN に置き換えられます。

/M=(NaN) を使うと、NaN の入力値のみを移動平均値または置換値に置き換えることができます。

移動平均平滑化アルゴリズムは、入力データ内の NaN を検出し、無視します。

num が出力点付近の NaN の数より少ない場合、結果は NaN となります。

そうでない場合は、NaN ではない近傍点の中央値が、平滑化された結果を計算するために使用されます。

移動平均は、percentile=50 の異動パーセンタイルの特別なケースです。

/M および/MPCT アルゴリズムは、0 と 100 以外のパーセンタイルの値を計算するために補間ランクを使います。

<<http://cnx.org/content/m10805/latest/>>より ("A Third Definition") の例 1 を使い、8 つの値の 25 パーセンタイル (/MPCT=25) は :

```
Make/O sortedData={3,5,7,8,9,11,13,15} // ソート済、rank 1 to 8
```

最初のステップは、25 パーセンタイルのランク (R) を計算することです。

これは次の式を使って行います : $R = (\text{percentile} / 100) * (\text{num} + 1)$
percentile が 25 で num が 8 なので、ここでは $R = 2.25$ となります。

R が整数であれば、P パーセンタイルはランク R の数値となります。

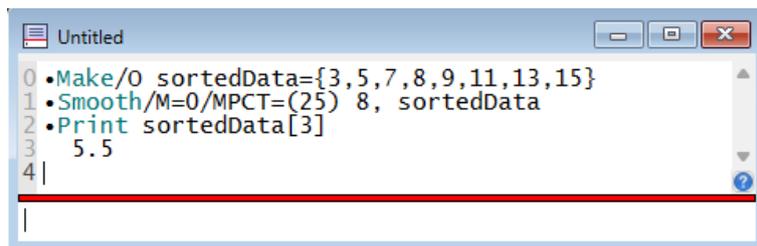
R が 2 の場合、結果は 2 番目の値=5 となります。

R が整数ではないため、以下のように内挿法により P パーセンタイルを計算します。

1. IR を R の整数部 (小数点より左の数値) と定義します。
この例では、IR=2 となります。
2. FR を R の小数部分と定義します。
この例では、FR=0.25 となります。
3. Rank IR と Rank IR+1 の値を見つけます。
この例では、Rank 2 の値と Rank 3 のスコアを意味します。
値は 5 と 7 です。
4. 値の差に FR を掛けて補間し、その結果を低い方の値に加えます。
これらのデータの場合、 $0.25 \times (7 - 5) + 5 = 5.5$ となります。

したがって、25 パーセンタイルは 5.5 です (下記の percentile に 25 を入れる) 。

```
Smooth/M=0/MPCT=(percentile) 8, sortedData // 8 ポイントの平滑化ウィンドウ  
Print sortedData[3] // 5.5 を出力、8 つの値の 25 パーセンタイル
```



```
Untitled  
0 •Make/O sortedData={3,5,7,8,9,11,13,15}  
1 •Smooth/M=0/MPCT=(25) 8, sortedData  
2 •Print sortedData[3]  
3 5.5  
4 |
```

平滑化ウィンドウと End Effects の詳細

これらの平滑化アルゴリズムは、各ポイントの近傍を使って、与えられたポイントの出力値を計算します。移動平均平滑化を除き、各アルゴリズムは平滑化されるポイントの前後の近隣ポイントを組み合わせます。ウェーブの始まりまたは終わりのいくつかのポイントには十分な近傍が存在しないため、近傍値を生成する何らかの方法を実装する必要があります。

ただし、移動平均フィルタは/E を無視します。

データの両端では、中央値の計算に含まれる値の数が少なくなるため、データの端を「超える」値は必要ありません。

最初の出力値は、 $\text{wave}[0, \text{floor}((\text{num} - 1)/2)]$ の中央値です。

例えば、num=7 の場合、最初の出力値は、 $\text{wave}[0]$ 、 $\text{wave}[1]$ 、 $\text{wave}[2]$ 、 $\text{wave}[3]$ の中央値です。

これは偶数個のポイントであるため、中央値は 2 つの中央値の平均値となります。

この例を続けると、値が 3、1、7、5 だった場合、真ん中の 2 つの値は 3 と 5 です。

計算された中央値は $(3 + 5) / 2 = 4$ となります。

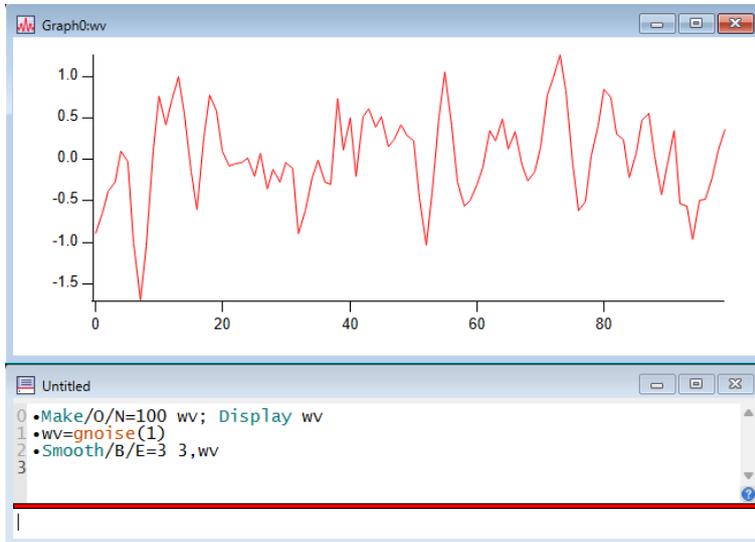
例

// ボックス平滑化の例（1行ずつ実行するとわかりやすいです）

```
Make/O/N=100 wv; Display wv
```

```
wv=gnoise(1)
```

```
Smooth/B/E=3 3,wv // output[p] = wv[p-1], wv[p], wv[p+1] の平均  
// /E=3 は wv[0] = (w[0]+w[0]+w[1])/3 と  
// wv[n-1] = (w[n-2]+w[n-1]+w[n-1])/3 を指す
```



// Savitzky-Golay 平滑化によるインパルス応答を示す

```
Make/O/N=100 wv
```

```
wv= p==50
```

// ウェーブの中心で 1、それ以外は 0；インパルス

```
SetScale/P x, 0, 1/1000, "s", wv
```

// 1000 Hz サンプリングレート

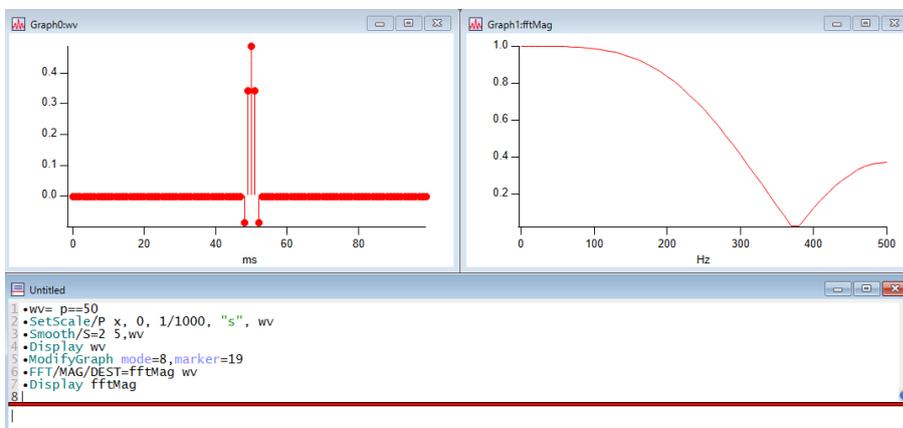
```
Smooth/S=2 5,wv
```

```
Display wv
```

```
ModifyGraph mode=8,marker=19
```

```
FFT/MAG/DEST=fftMag wv
```

```
Display fftMag
```



// NaN を中央値に置き換える

```
Make/O/N=100 data= enoise(1)>.9 ? NaN : sin(x/8) // NaN を持つ信号
```

```
Duplicate/O data, dataMedian
```

```
Smooth/M=(NaN) 5, dataMedian
```

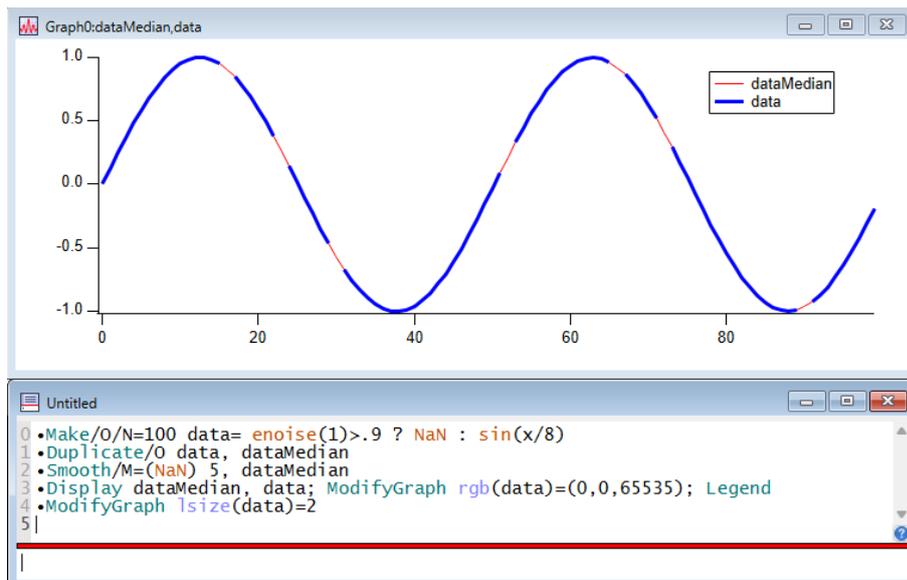
// NaN のみを 5 点中央値で置き換える

```
Display dataMedian, data; ModifyGraph rgb(data)=(0,0,65535); Legend
```

ここでは

```
ModifyGraph lsize(data)=2
```

を最後に実行して、線の区別がよりはっきりするようにしました。



二項平滑化参考

Marchand, P., and L. Marmet, "Binomial smoothing filter: A way to avoid some pitfalls of least-squares polynomial smoothing", *Revue of Scientific Instrumentation* 54(8), 1034-1041, 1983.

Savitzky-Golay 平滑化参考

Savitzky, A., and M.J.E. Golay, *Analytical Chemistry*, 36, 1627-1639, 1964.

Steiner, J., Y. Termonia, and J. Deltour, *Analytical Chemistry*, 44, 1906-1909, 1972.

Madden, H., *Analytical Chemistry*, 50, 1386-1386, 1978.

パーセンタイル参考

<<http://en.wikipedia.org/wiki/Percentile>>

<<http://cnx.org/content/m10805/latest/>>