

# *ViewWave* の手引き

January 2016, for Version 2.2.0

by

Toshihide Kashima

IISEE, BRI

<http://smo.kenken.go.jp/~kashima/viewwave/>

International Institute of Seismology and Earthquake Engineering (IISEE),  
Building Research Institute (BRI),  
1 Tachihara, Tsukuba, Ibaraki 305-0802, Japan  
<http://smo.kenken.go.jp/~kashima/viewwave/>

## 目次

1.	はじめに.....	1
1.1.	システム要件.....	1
1.2.	インストールとアンインストール.....	1
1.2.1.	インストール.....	1
1.2.2.	アンインストール.....	2
1.3.	著作権とサポート.....	2
1.4.	開発ツール.....	2
1.5.	ViewWave 1.xx からの変更点と新機能.....	2
1.6.	読み込み可能なデータファイル.....	2
2.	基本的な使用法.....	4
2.1.	ViewWave の開始と終了.....	4
2.2.	速度および変位波形の表示.....	5
2.3.	フーリエスペクトルの表示.....	6
2.4.	応答スペクトルの表示.....	7
2.5.	粒子軌跡の表示.....	9
2.6.	フーリエスペクトル比の表示.....	10
2.7.	グラフのコピーと貼り付け.....	11
3.	使用法.....	13
3.1.	メニュー.....	13
3.1.1.	ファイルメニュー.....	13
3.1.2.	編集メニュー.....	15
3.1.3.	表示メニュー.....	16
3.1.4.	ツールメニュー.....	20
3.1.5.	ヘルプメニュー.....	23
3.2.	ツールバー.....	24
3.3.	ショートカットキー.....	25
3.4.	設定.....	25
3.4.1.	軸タブ.....	26
3.4.2.	表示タブ.....	28
3.4.3.	チャンネルタブ.....	28
3.4.4.	サイズタブ.....	31
3.4.5.	計算条件タブ.....	31
3.4.6.	レポートタブ.....	33
3.4.7.	追加データタブ.....	35
3.4.8.	その他タブ.....	35
3.5.	前処理.....	37
3.6.	レポート.....	39
3.7.	データのエクスポート.....	42
3.8.	追加データ.....	44
3.9.	観測地点と地震の情報.....	46

3.10.	プレースホルダ .....	47
4.	技術情報 .....	49
4.1.	サポートしている強震データファイル .....	49
4.1.1.	建築研究所 AC ファイル .....	49
4.1.2.	防災科学技術研究所 K-NET 及び KiK-net ファイル .....	49
4.1.3.	気象庁強震記録ファイル .....	49
4.1.4.	バイナリファイル .....	50
4.1.5.	米国の主な強震データファイル .....	50
4.1.6.	PEER データベースファイル .....	50
4.1.7.	ニュージーランド GeoNet 強震データファイル .....	50
4.2.	その他のデータファイル .....	51
5.	解析手法 .....	53
5.1.	フーリエ変換 .....	53
5.2.	1 自由度系(SDOF)の地震応答 .....	53
5.3.	気象庁震度 .....	54
5.4.	積分 .....	56
5.4.1.	FFT (振動数領域) .....	56
5.4.2.	地震計シミュレーション .....	56
5.4.3.	台形則 .....	57
5.5.	Husid プロット .....	58
5.6.	フーリエ解析 .....	58
5.6.1.	フーリエ及びパワースペクトル .....	58
5.6.2.	自己相関係数 .....	59
5.7.	応答スペクトル .....	59
5.8.	エネルギースペクトル .....	60
5.9.	相関解析 .....	60
5.9.1.	クロススペクトルとフーリエスペクトル比 .....	60
5.9.2.	コヒーレンス .....	61
5.9.3.	相互相関係数 .....	61
5.9.4.	応答スペクトル比 .....	61
5.10.	記録の前処理 .....	62
5.10.1.	バンドパスフィルター .....	62
5.10.2.	波形の水平面内で回転 .....	62
6.	参考文献 .....	64
6.1.	解析 .....	64
6.2.	プログラミング .....	64

## 1. はじめに

*ViewWave* は簡易な強震記録のビューワです。*ViewWave* は各種の強震記録ファイルを読んで表示します。*ViewWave* は、フーリエ解析や応答スペクトルのような基本的な波形分析を行うことができます。グラフのサイズや外見は自由に変更できます。グラフは Windows クリップボードに EMF (Enhanced Metafile) データとして送られ、その品質を保持したまま張り付けることができます。

なお、以下の説明は Windows 10 環境に基づいて記述されています。他の OS では用語やファイルのパスなど異なる場合があります。

### 1.1. システム要件

*ViewWave* は Microsoft .NET Framework 4.5 を必要とします。よってシステム要件は .NET Framework 4.5 に準じます。少々余裕を見て、*ViewWave* は以下の環境で実行可能です。

#### (1) オペレーティングシステム

- Windows 7 SP1 (x86 and x64)
- Windows 8 (x86 and x64)
- Windows 8.1 (x86 and x64)
- Windows 10 (x86 and x64)

Windows Vista SP2 (x86 and x64) と Windows Server ファミリー (2008 and 2012) も .NET Framework 4.5 によってサポートされていますが、作者は試す環境を持っていませんので、ここに記述してありません。

#### (2) ハードウェア

- 1 GHz 以上の CPU
- 2 GB 以上の RAM
- 1 GB 以上の Hard Disk (x86 の場合)
- 2 GB 以上の Hard Disk (x64 の場合)

#### (3) 言語

*ViewWave* は英語と日本語の 2 つの言語モードを持っています。日本語環境では日本語が表示され、他の場合は英語となるはずですが。

### 1.2. インストールとアンインストール

#### 1.2.1. インストール

インストールパッケージは Windows Installer 形式のファイル (vw2xx.msi) で提供されます。“2xx” の部分はバージョンになります。インストールパッケージをダブルクリックすると *ViewWave* は “%ProgramFiles%\Strong Motion Tools\ViewWave” にインストールされます。(64 ビット環境ではルートフォルダが “%ProgramFiles(x86)%” となります)。 *ViewWave* へのショートカットがデスクトップと “Strong Motion Tools.” プログラムメニューに追加されます。

*ViewWave* 2.xx のインストールするために、*ViewWave* 1.xx をアンインストールする必要はありません。インストールフォルダやプログラムグループが変更されていますので、両者は共存でき

ます。

### 1.2.2. アンインストール

*ViewWave* は[コントロールパネル]の[プログラムと機能]からアンインストールできます。

### 1.3. 著作権とサポート

*ViewWave* の著作権は T. Kashima, BRI が保持します。作者は *ViewWave* によるいかなる損害にも責任を負いません。

最新の情報はウェブサイト <http://smo.kenken.go.jp/> で提供されます。バグ報告、コメントや要望は [kashima@kenken.go.jp](mailto:kashima@kenken.go.jp) までお願いします。

### 1.4. 開発ツール

*ViewWave* は以下の開発ツールを用いて開発しています。

- Microsoft Visual Studio Community 2015 Version 14.0.24720.00 Update 1
- Microsoft .NET Framework Version 4.6.01038
- GNU Fortran (i686-posix-dwarf-rev0, Built by MinGW-W64 project) 5.2.0 Copyright (C) 2015 Free Software Foundation, Inc.

### 1.5. *ViewWave* 1.xx からの変更点と新機能

*ViewWave* 2.xx は基本的に前バージョンの機能を踏襲しています。さらにいくつかの新しい機能が追加され、いくつかの機能が改良されています。

- 開発環境が Visual Basic 6.0 から Visual C# 及び Visual Studio 2013 に変更されました。このため全コードを書き直しています。
- 日本語バージョンと英語バージョンは一つのパッケージに統合されました。表示言語は Windows の言語設定によって選択されます。
- 強震観測地点や地震の情報を、Microsoft Access や Excel などのデータベースファイルより取得することができます。
- スペクトル図に追加データを描画できるようになりました。たとえば、観測地震動と設計用スペクトルとの比較ができるようになりました。
- 設定は Windows レジストリではなくファイルとして保存されます。このバージョンは Windows レジストリを使用しません。
- 複数のレポートを保持することができます。新しいレポート形式(チャンネルレポートと組合せレポート)が追加されました。

### 1.6. 読み込み可能なデータファイル

*ViewWave* 以下の強震記録ファイルを読むことができます。

- 建築研究所強震記録ファイル (\*.ac)
- 防災科学技術研究所 K-NET 及び KiK-net ファイル (\*.ew;\*.ew1)
- 気象庁 95 型ヘキサアスキーファイル (YMDDhhmm.\*)及び気象庁 CSV ファイル (\*.csv)
- ミットヨ(アカシ) SMAC-MD/MDU ファイル (\*.md)
- 東京測振バイナリファイル (\*.t3w;\*.dbl)
- Kinematics Altus K2/Etna イベントファイル (\*.evt)

- USGS (NSMP)ファイル(\*.smc)
- CGS (CSMIP) ファイル(\*.raw; \*.v2)
- COSMOS ファイル(\*.v1c; \*.v2c)
- PEER ファイル(\*.at2)
- New Zealand GeoNet ファイル(\*.v1a; \*.v2a)
- 一般的な CSV 及びテキストファイル(\*.csv; \*.txt)

詳細については、4.1 節及び 4.2 節をご参照ください。

## 2. 基本的な使用法

この章で利用したサンプルデータは、以下のウェブサイトで入手できます。必要ならば、vw\_sample.zip をダウンロードして、どこかのフォルダーに展開しておいてください。

- <http://smo.kenken.go.jp/~kashima/viewwave/>

### 2.1. ViewWave の開始と終了

デスクトップあるいはプログラムメニュー“**Strong Motion Tools**”にあるショートカットをダブルクリックすることにより **ViewWave** を開始します。開始した後はメニューの【ファイル】->【開く...】を選択し、強震記録の読み込みと表示を行います。サンプルデータの 199301152006KSR.ac を読み込むと、以下のような波形が表示されるはずですが、

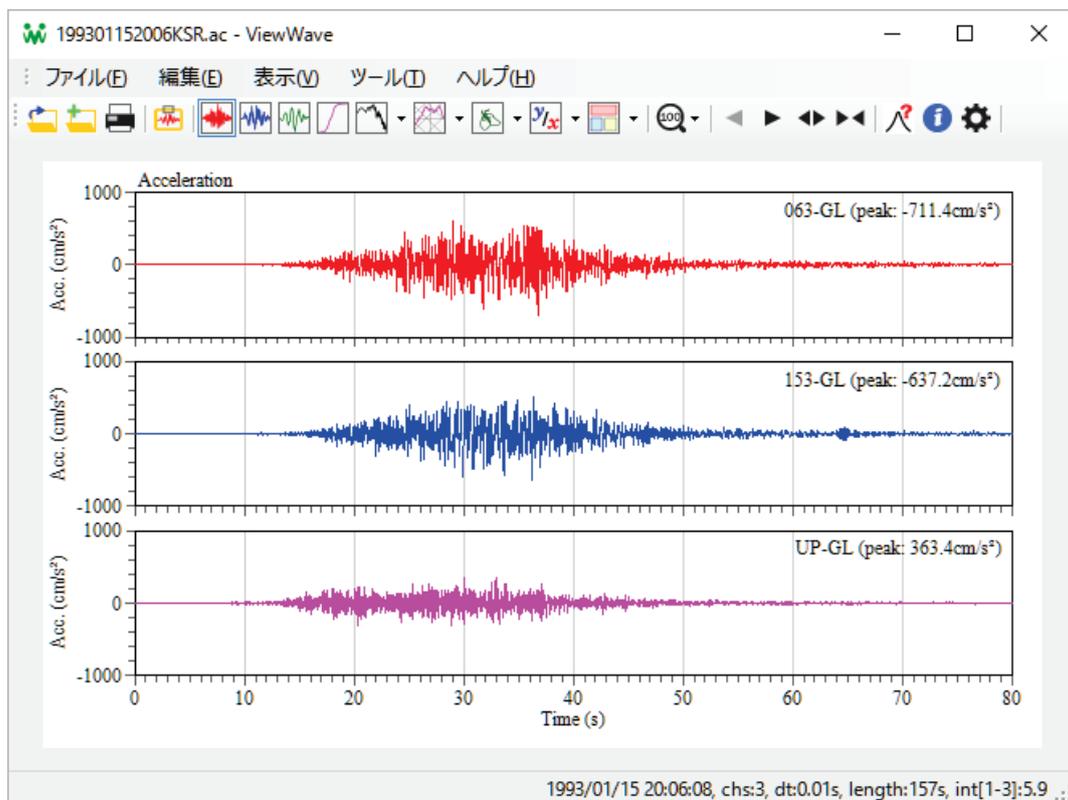


図.1 ViewWave は強震記録ファイルを読み込み後、加速度波形を表示

【ファイル】メニューの【終了】を選択し、**ViewWave** を終了します。【ファイル】メニューの【閉じる】は、現在読み込んでいる強震データを破棄し、グラフをクリアします。

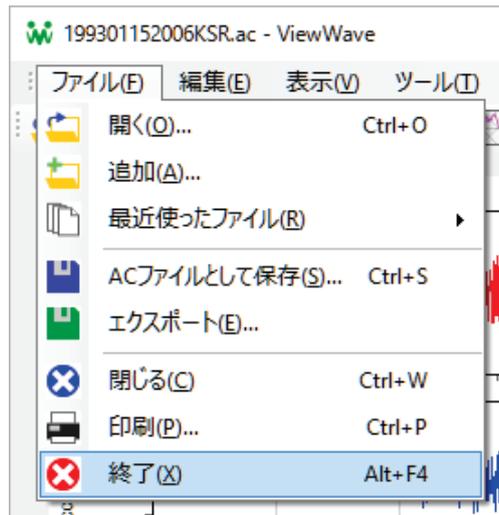


図 2 ViewWave はメニューの[ファイル]->[終了]で終了

## 2.2. 速度および変位波形の表示

ViewWave は加速度記録を積分して得られた速度波形と変位波形を表示できます。[表示]メニューの[速度波形]または[変位波形]を選択すると、速度波形または変位波形が表示されます。

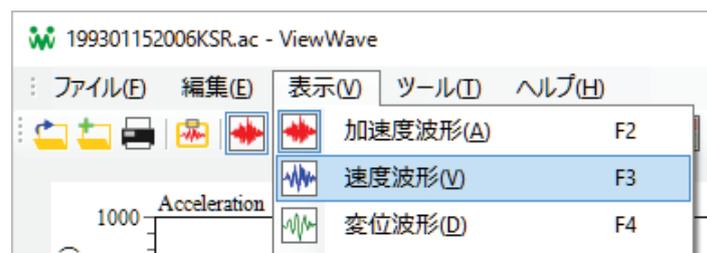
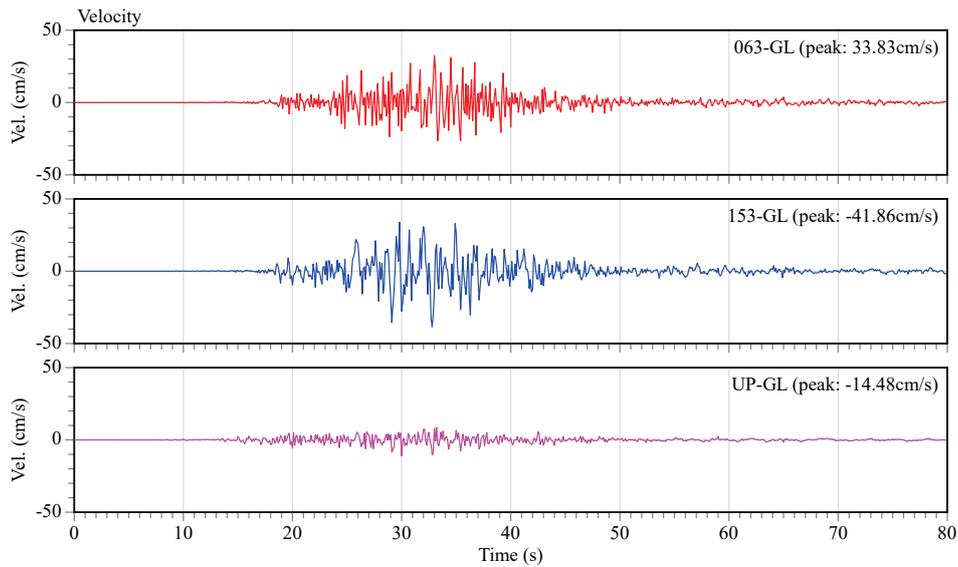
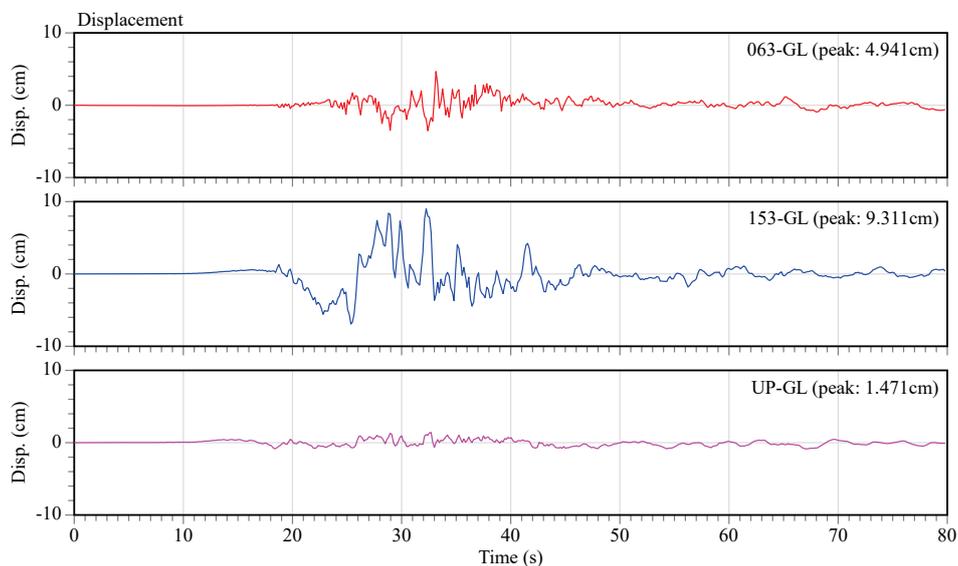


図 3 [表示]メニューから速度波形または変位波形を選択



(a) 速度波形例



(b) 変位波形例

図 4 速度波形と変位波形の例

**ViewWave** はいくつかの積分方法を持っています。積分方法は[オプション]ダイアログボックスの[計算]タブから変更できます。

### 2.3. フーリエスペクトルの表示

フーリエスペクトルを表示するには、メニューから[表示] -> [フーリエ解析] -> [フーリエスペクトル[振幅]]を選択します。すべてのチャンネルのフーリエスペクトルが表示されます。

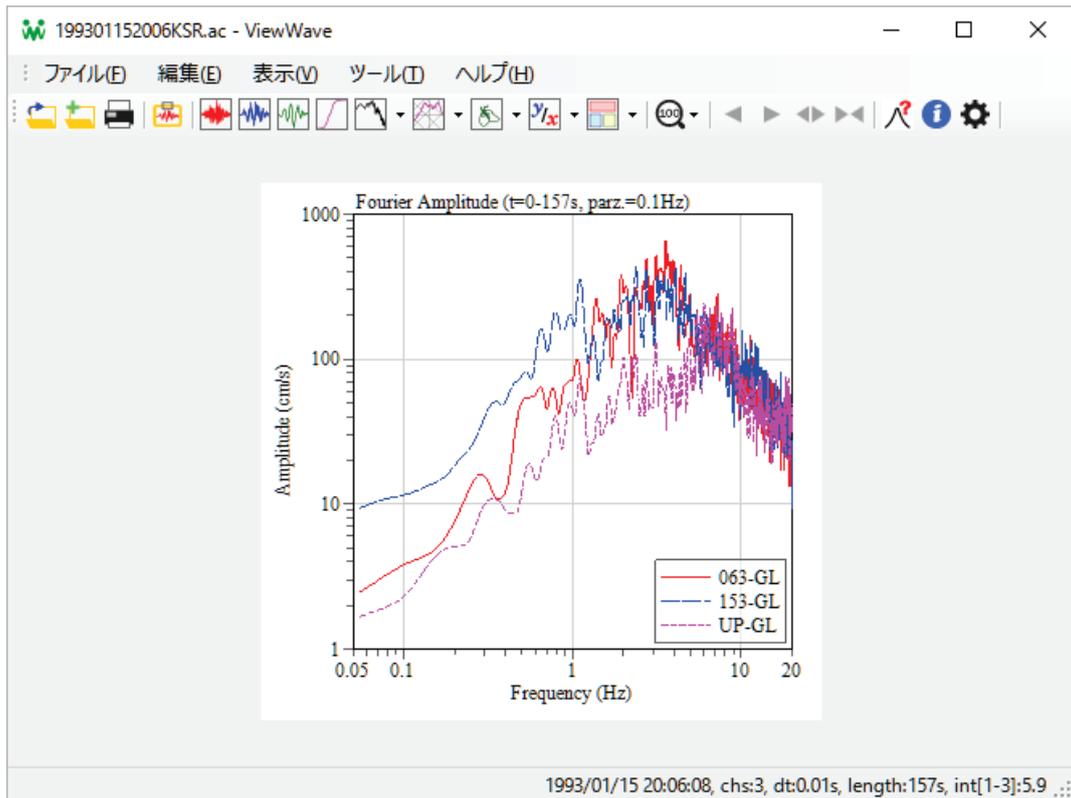


図 5 フーリエスペクトルグラフの例

フーリエ解析の対象時間は[オプション]ダイアログボックスの[計算]タブから変更できます。フーリエスペクトルは Parzen 窓によって平滑化されます。Parzen 窓の幅も同様に[オプション]ダイアログボックスの[計算]タブから設定できます。

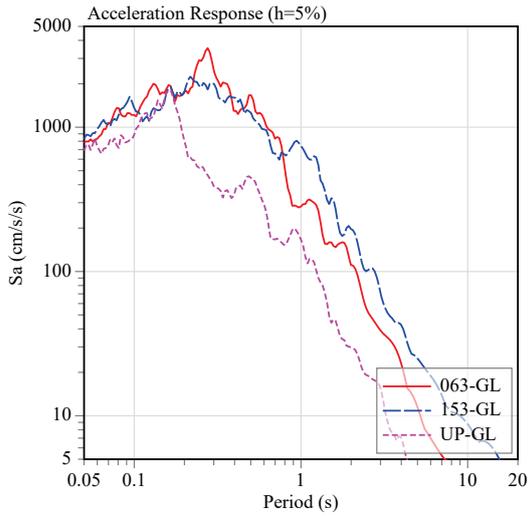
## 2.4. 応答スペクトルの表示

ViewWave は応答スペクトルを計算する機能を有しています。[表示]メニューの[応答スペクトル]サブメニューから応答スペクトルの種類を選択します。以下の応答スペクトルが選択可能です。

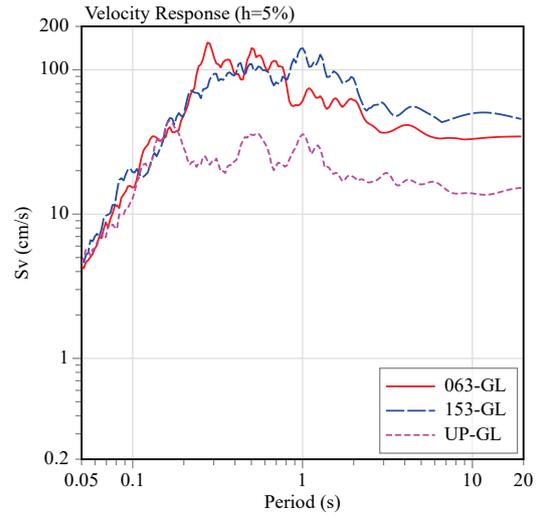
- 加速度応答スペクトル (Sa)
- 速度応答スペクトル (Sv)
- 変位応答スペクトル (Sd)
- 擬似速度応答スペクトル (三軸表示, pSv)
- エネルギースペクトル (Ve)
- Sa-Sd 曲線

応答スペクトルは通常多チャネル単減衰のスペクトルとして描かれます。応答スペクトルの減衰定数は[オプション]ダイアログボックスの[計算]タブから設定します。応答スペクトル(Sa, Sv, Sd 及び pSv)とエネルギースペクトル(Ve)の 2 種類の減衰定数が設定できます。

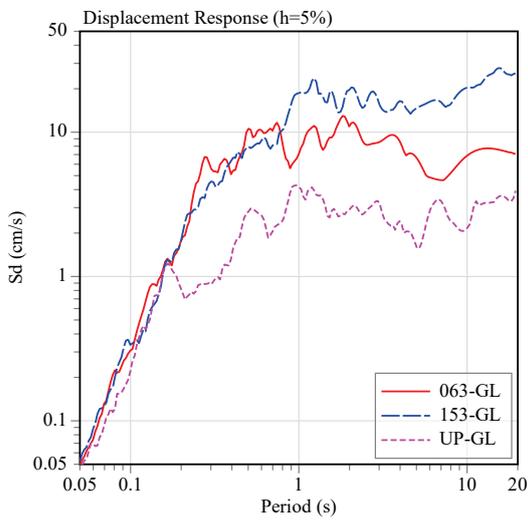
表示可能な応答スペクトルを 図 6 に示します。



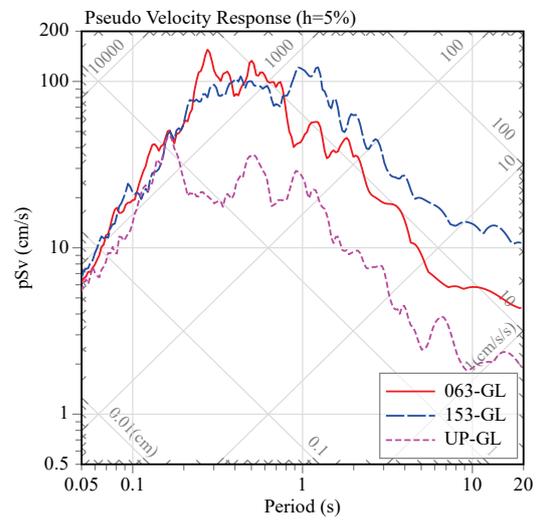
(a) 加速度応答スペクトル ( $S_a$ )



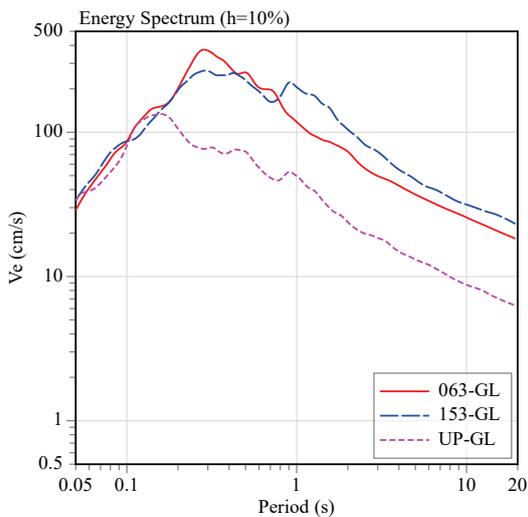
(b) 速度応答スペクトル ( $S_v$ )



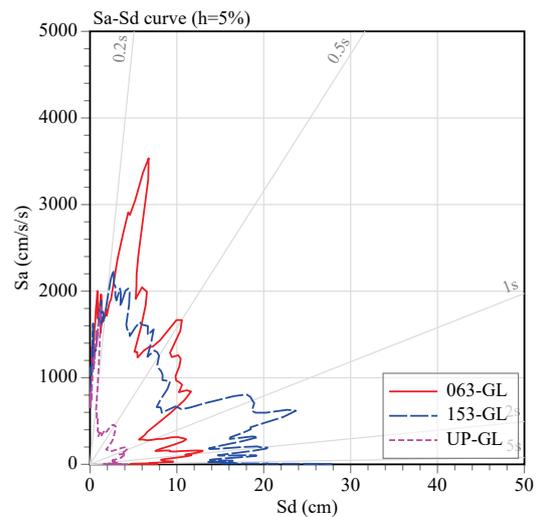
(c) 変位応答スペクトル ( $S_d$ )



(d) 擬似速度応答スペクトル ( $pS_v$ )



(e) エネルギースペクトル ( $V_e$ )



(f)  $S_a$ - $S_d$  曲線

図6 応答スペクトルの例

**ViewWave** は, [オプション]ダイアログボックスの[計算]タブの“多減衰応答スペクトル”をチェックして, 単チャンネル多減衰の応答スペクトルを描画することもできます。この場合, 描画チャンネルは, [オプション]ダイアログボックスの[チャンネル]タブで設定します。

多減衰応答スペクトルの減衰定数は, [オプション]ダイアログボックスの[計算]タブで設定することができます。減衰定数の値はカンマ区切りで与えます。

多減衰応答スペクトルの例を以下に示します。

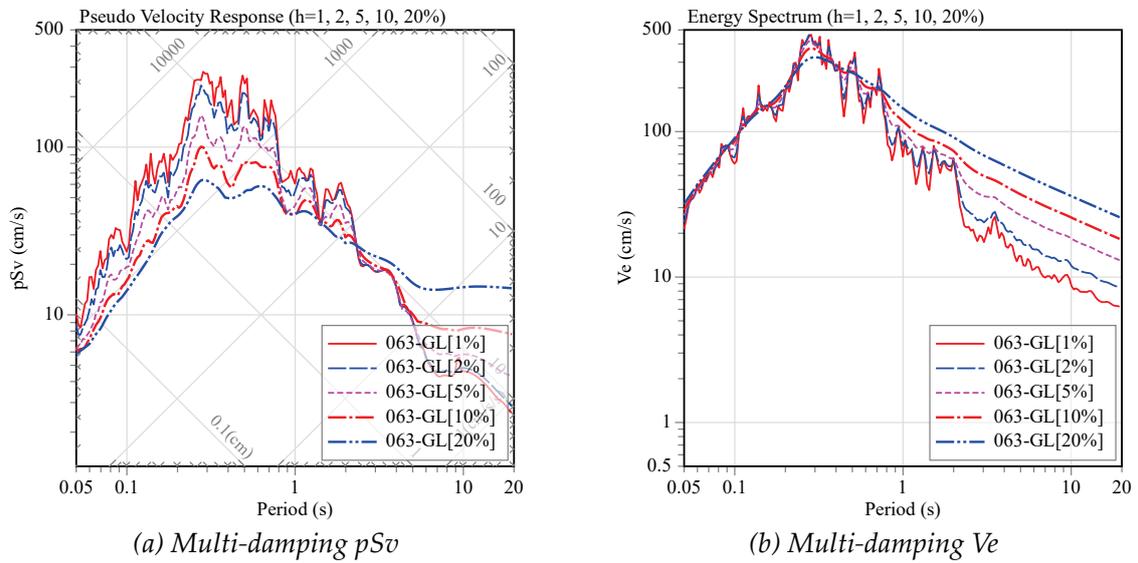


図 7 多減衰応答スペクトルの例

## 2.5. 粒子軌跡の表示

粒子軌跡はセンサーの動きの平面への投影です。メニューの[表示] -> [粒子軌跡]から, [加速度], [速度]及び[変位]の中から選択します。

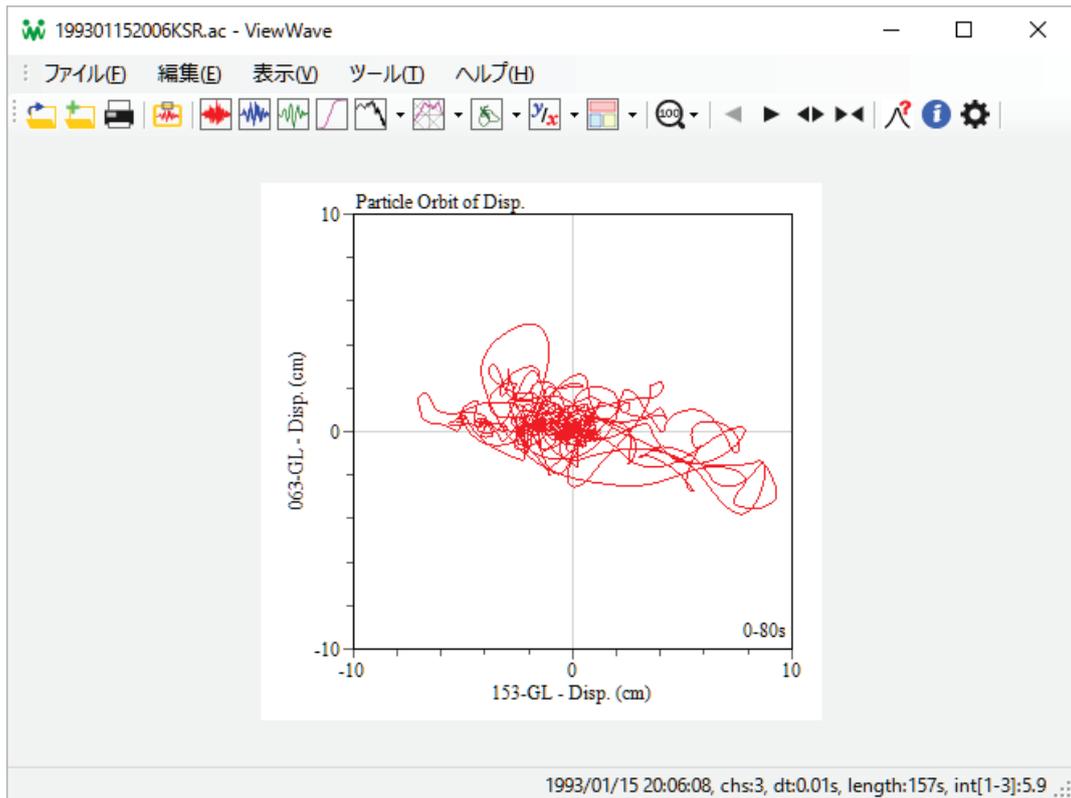


図 8 変位粒子軌跡の例

強震記録ファイルが 2 チャンネル以上のデータを有していれば, **ViewWave** は初期値として最初と 2 番目のチャンネルを粒子軌跡の縦軸と横軸のチャンネルとして割り当てます。

粒子軌跡の描画に用いるチャンネルは[オプション]ダイアログボックスの[チャンネル]タブから設定します。強震記録ファイルが 1 チャンネルのデータしか有していない場合, 粒子軌跡は描画できません。

## 2.6. フーリエスペクトル比の表示

2 チャンネル以上のデータがあれば, **ViewWave** は 2 チャンネルのデータの相関解析を行います。たとえば, フーリエスペクトル比の振幅は[表示] -> [相関解析] -> [フーリエスペクトル比[振幅]]を選択します。

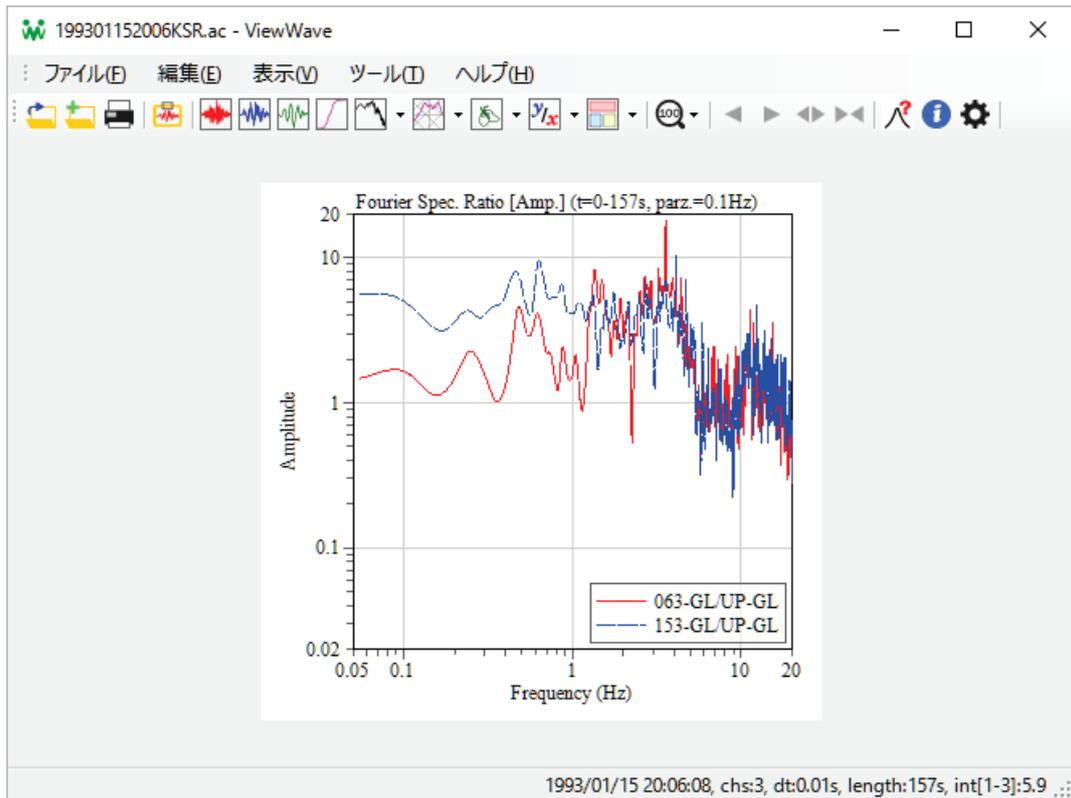


図9 フーリエスペクトル比の例

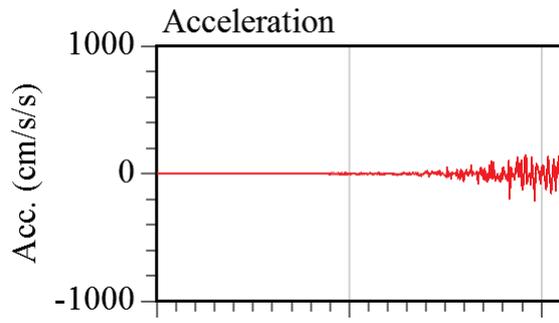
もしふたつのチャンネルが入出力関係にあれば、フーリエスペクトル比は伝達関数を表します。同様にフーリエスペクトル比の位相、実数部と虚数部も[表示] -> [相関解析]から選択できます。

相関解析のチャンネルの組み合わせは[オプション]ダイアログボックスの[チャンネル]タブから設定します。強震記録ファイルが 1 チャンネルのデータしか有していない場合、相関解析は利用できません。

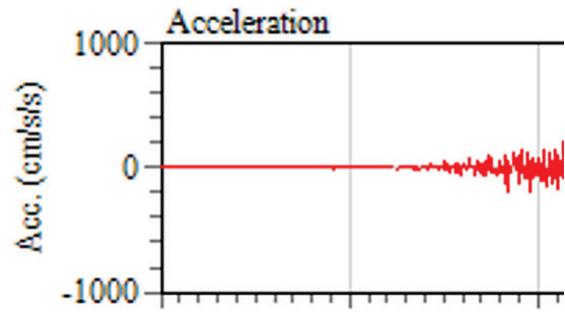
## 2.7. グラフのコピーと貼り付け

グラフをクリップボードにコピーする方法はふたつあります。[編集]メニューの[コピー]はグラフを Windows 拡張メタファイル(EMF)データとしてクリップボードにコピーします。[イメージとしてコピー]はグラフをビットマップデータとしてクリップボードにコピーします。それぞれショートカットキー[Ctrl] + [C]と[Ctrl] + [Shift] + [C]に割り当てられています。

クリップボードにコピーしたグラフは他のアプリケーションに張り付けることができます。



(a) コピー



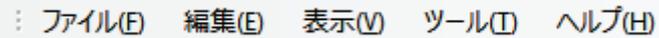
(b) イメージとしてコピー

図 10 張り付けたグラフの拡大表示

### 3. 使用法

#### 3.1. メニュー

この節ではメニュー構成に沿って **ViewWave** の機能を紹介します。**ViewWave** は5つのメインメニューを持っています。



： ファイル(F) 編集(E) 表示(V) ツール(T) ヘルプ(H)

図11 ViewWave のメインメニュー

##### 3.1.1. ファイルメニュー

ファイルメニューには以下のサブメニューがあります。

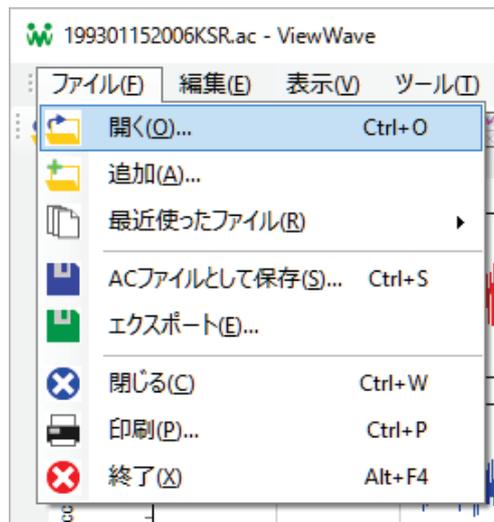


図12 ファイルメニュー

##### (1) 開く...

このサブメニューは新しいデータファイルを開くために、[ファイルを開く]ダイアログボックスを表示します。**ViewWave** は現在保持しているデータを破棄し、指定されたファイルを読み込みます。

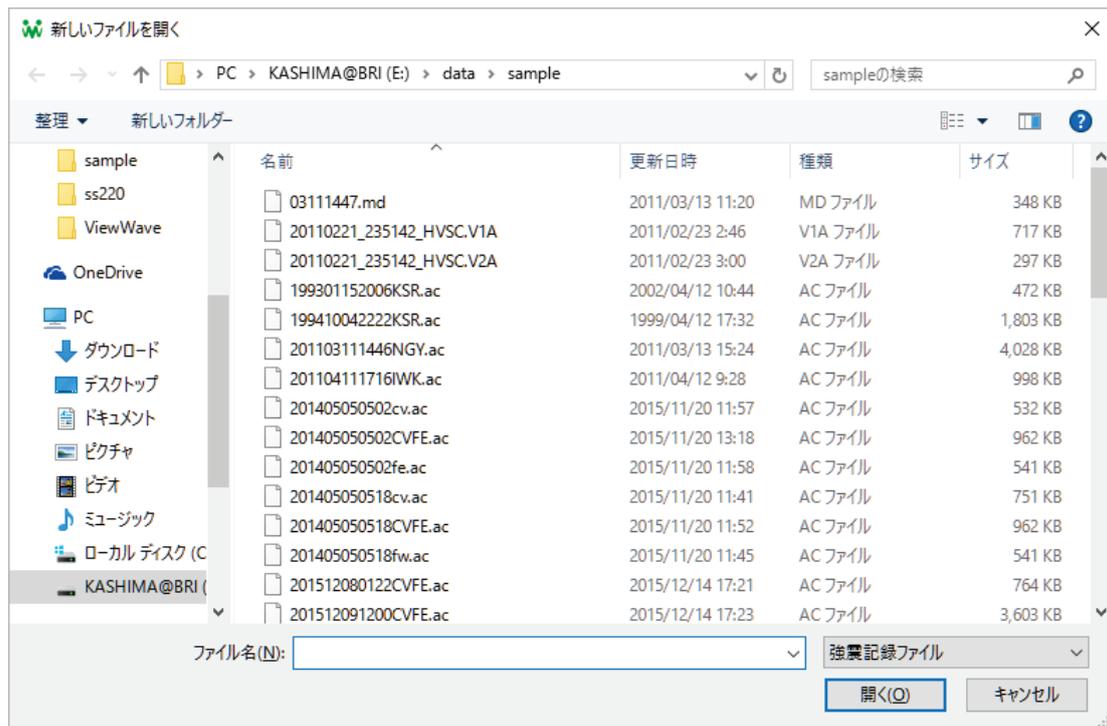


図 13 強震記録ファイルを読むための[ファイルを開く]ダイアログボックス

ファイルフィルターは、目的のファイルの選択を助けます。

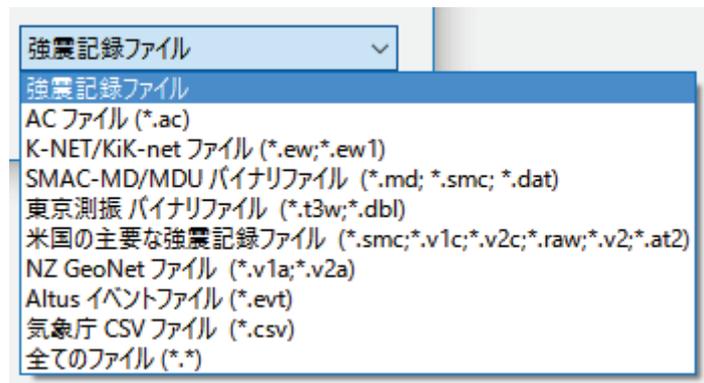


図 14 強震記録ファイルを読むためのファイルフィルター

**ViewWave** がサポートしているデータファイルについては 4.1 節を参照してください。

### (2) 追加...

このサブメニューはデータを追加するために、[ファイルを開く]ダイアログボックスを表示します。指定した強震観測記録ファイルに含まれるデータは、現在保持しているデータの後ろに追加されます。この機能は USGS の“SMC”ファイルなど、強震記録が複数ファイルで提供されている場合に有効です。

### (3) 最近使ったファイル

最近使ったファイルが[最近使ったファイル]のサブサブメニューとして表示されます。**ViewWave** は最大 10 の最近使ったファイルを覚えていきます。

(4) AC として保存...

現在の持っているデータを AC ファイルで保存します。保存ファイルの場所と名前を指定するダイアログボックスが現れます。

(5) エクスポート...

このメニューは現在保持しているデータをテキストファイルに出力します。詳細な情報は 3.7 節を参照してください。

(6) 閉じる

現在保持しているデータを破棄し、グラフを消去します。

(7) 印刷...

現在表示しているグラフを印刷します。印刷ダイアログボックスが表示され、プリンタや印刷オプションを選択することができます。

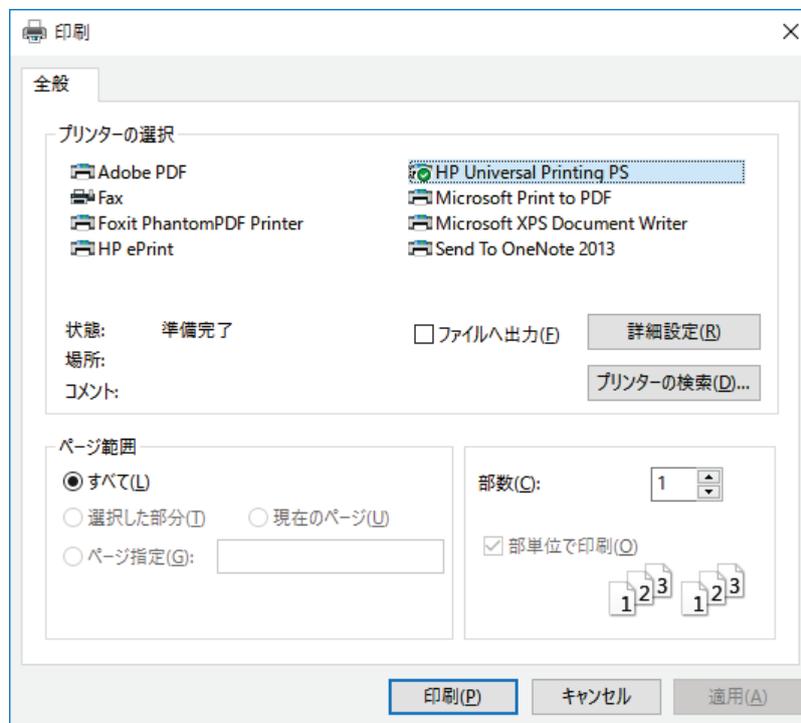


図15 [印刷...]サブメニューは現在表示中のグラフを印刷する

(8) 終了

ViewWave を終了します。

### 3.1.2. 編集メニュー

[編集]メニューは3つのサブメニューを持っています。



図 16 [編集]メニュー

(1) コピー

現在表示しているグラフを Windows 拡張メタファイル(EMF)データとしてクリップボードにコピーします。EMF データはベクトル画像として作成されますので、品質を保ったまま拡大できます。

(2) イメージとしてコピー

現在表示しているグラフをビットマップイメージとしてクリップボードにコピーします。

(3) 新しいチャンネルを追加...

既存のふたつのチャンネルの演算によって新しいチャンネルを作成します。ダイアログボックスからふたつのチャンネルと乗数を設定する必要があります。

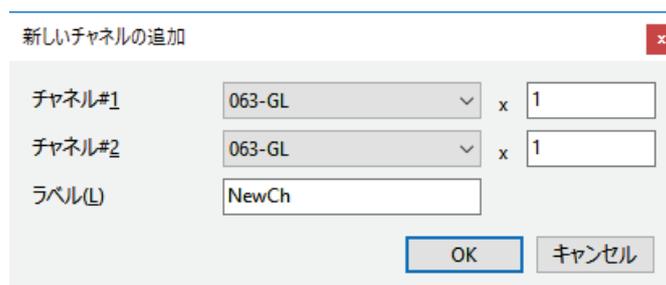


図 17 [新しいチャンネルを追加] ダイアログボックス

演算は下式で行われます。

$$x_{new}(t) = a_1x_1(t) + a_2x_2(t) \quad (1)$$

ここで $x_{new}(t)$ は新しいチャンネルの加速度データ,  $x_1(t)$ と $x_2(t)$ は既存チャンネルの加速度データ,  $a_1$ と $a_2$ は乗数です。

チャンネル#1 とチャンネル#2 はドロップダウンボックスから選択します。乗数は右側のテキストボックスに設定します。新しいチャンネルを識別するためのラベルの設定も必要です。

### 3.1.3. 表示メニュー

[表示]メニューは表示するグラフの種類を選択や、表示の設定の変更のためのサブメニューで構成されます。多くのサブメニューはそのサブメニュー名がグラフの種類となっており、選択することによって表示するグラフを変更します。



図 18 表示メニュー

#### (1) 加速度波形

加速度波形を表示します。

#### (2) 速度波形

速度波形を表示します。速度を求める積分方法は、[オプション]ダイアログボックスの[計算]タブから設定できます。[オプション]ダイアログボックスは[ツール]メニューから開けます。

#### (3) 変位波形

変位波形を表示します。変位を求める積分方法は、[オプション]ダイアログボックスの[計算]タブから設定できます。[オプション]ダイアログボックスは[ツール]メニューから開けます。

#### (4) Husid プロット

Husid プロットを表示します。Husid プロットは基準化した Arias 強度の時刻歴です。詳細は 5.5 節を参照してください。

#### (5) フーリエ解析

このサブメニューは以下のサブサブメニューを含んでいます。これらはフーリエ解析の結果です。(5.6 節を参照)。

- フーリエスペクトル[振幅]
- パワースペクトル
- 自己相関係数

#### (6) 応答スペクトル

このサブメニューは、表示する応答スペクトルを選択するため、以下のサブサブメニューを含ん

でいます。

- 加速度応答スペクトル [Sa]
- 速度応答スペクトル [Sv]
- 変位応答スペクトル [Sd]
- 擬似速度応答スペクトル Sv [pSv]
- エネルギースペクトル [Ve]
- Sa-Sd 曲線

応答スペクトルは、ある減衰を有する 1 質点系の地震応答の最大値を固有周期の関数としてプロットしたものです。応答は加速度、速度、及び変位の 3 種類考えられ、応答スペクトルも加速度応答スペクトル[Sa]、速度応答スペクトル[Sv]及び変位応答スペクトル[Sd]の 3 種となります。

更に、擬似速度応答スペクトル[pSv]と呼ばれる応答スペクトルも、スペクトルの三軸表示などでしばしば用いられます。三軸表示は横(周期)軸と縦(速度応答)軸が対数軸で、さらに加速度応答と変位応答に対応する斜軸が描かれます。横(周期)軸または縦(速度応答)軸が線形軸なら斜軸は描かれませんが、ViewWave は加速度応答スペクトルから換算しています。詳細は 5.7 節をご覧ください。

エネルギースペクトル[Ve]はある減衰を有する 1 質点系への入力エネルギーを固有周期の関数としてプロットしたものです。詳細は 5.8 節をご覧ください。

Sa-Sd 曲線は、加速度応答スペクトル[Sa]と変位応答スペクトル[Sd]の関係を表したものです。

#### (7) 粒子軌跡

粒子軌跡の種類を以下の 3 つのサブサブメニューから選べます。

- 加速度
- 速度
- 変位

1 台のセンサーは通常互いに直交する 3 方向の 3 チャンネルのデータを有します。それゆえセンサーの動きは 3 次元に記録され、任意の平面上に投影することができます。ViewWave はこれを粒子軌跡と呼んでいます。ViewWave は直交する 2 チャンネルを選択し、X-Y グラフとして描画します。加速度、速度または変位を粒子軌跡の対象として選択できます。粒子軌跡として描画するチャンネルの組合せは[オプション]ダイアログボックスの[チャンネル]タブで設定できます。

#### (8) 相関解析

このサブメニューは以下のサブサブメニューを含みます。これらは相関解析の結果です。(5.9 節参照)。

- フーリエスペクトル比[振幅]
- フーリエスペクトル比[位相]
- クロススペクトル
- 相互相関係数
- コヒーレンス
- 応答スペクトル比
- フーリエスペクトル比[実数部]

- フーリエスペクトル比[虚数部]

相関分析では

, 複数のチャンネルの組合せを, [オプション]ダイアログボックスの[チャンネル]タブから指定することができます。

#### (9) レポート

レポートを選択します。詳細は 3.4.6 項及び 3.6 節を参照してください。

#### (10) 時間軸

以下のサブサブメニューにより, 時間軸を制御します。

- **戻る**: 波形の時間軸を戻します。
- **進む**: 波形の時間軸を進めます。
- **拡大**: 波形の時間軸を拡大します。
- **縮小**: 波形の時間軸を縮小します。

#### (11) 拡大/縮小

以下のサブサブメニューにより, グラフを拡大または縮小します。

- **50%**: 50%に縮小します。
- **75%**: 75%に縮小します。
- **100%**: 元サイズに戻します。
- **125%**: 125%に拡大します。
- **150%**: 150%に拡大します。
- **200%**: 200%に拡大します。

#### (12) 凡例

以下のサブサブメニューにより, 凡例の位置を変更します。

- **なし**: 凡例を消します。
- **左上**: 凡例を左上に配置します。
- **右上**: 凡例を右上に配置します。
- **左下**: 凡例を左下に配置します。
- **右下**: 凡例を右下に配置します。
- **循環変更**: 凡例の位置を循環的に切り替えます。

#### (13) グリッド

以下のサブサブメニューにより, グリッドのスタイルを変更します。

- **なし**: グリッドを描画しません。
- **主目盛位置**: 主目盛の位置にグリッド線を描画します。
- **全目盛位置**: すべて目盛の位置にグリッド線を描画します。
- **循環変更**: グリッドのスタイルを循環的に切り替えます。

#### (14) ピークに印をつける/印を外す

波形やスペクトルのピーク位置の印の表示を切り換えます。

### 3.1.4 ツールメニュー

ツールメニューには設定や情報に関するサブメニューが含まれます。ツールバー、ステータスバー及びメニューの表示/非表示を切り替えるサブメニューもここにあります。

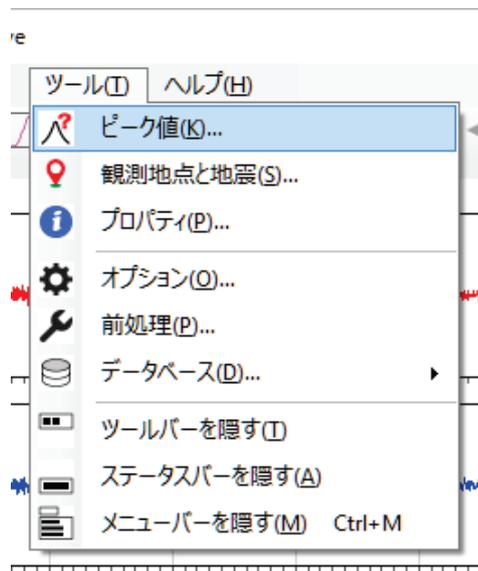


図 19 ツールメニュー

#### (1) ピーク値...

現在グラフに表示しているデータのピーク値を表示します。



図 20 ピーク値の表示例

#### (2) 観測地点と地震...

このサブメニューは[観測地点と地震]ダイアログボックスを表示します。このダイアログボックスでは、強震観測地点と地震に関する情報を確認できます。情報は強震記録ファイルから得たもので、データベースに問い合わせることもできます。データベースの利用については3.9節で説明します。

図 21 観測地点と地震ダイアログボックスの例

(3) プロパティ...

強震記録ファイルと強震記録に関する情報を表示します。

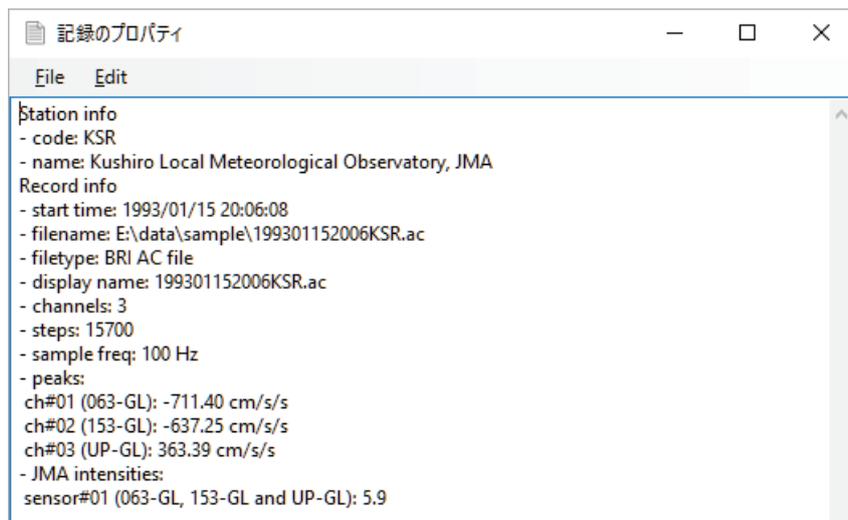


図 22 プロパティの表示例

(4) オプション...

[オプション]ダイアログボックスを表示します。詳細は 3.4 節をご覧ください。

(5) 前処理...

[前処理]ダイアログボックスを表示します。詳細は 3.5 節をご覧ください。

(6) データベース...

データベースの設定を行います。観測地点と地震の二つのデータベースの設定が行えます。



図 23 観測地点と地震のデータベースメニュー

観測地点データベースは、以下の情報を必要とします。

- **データベースを参照:** チェックするとデータベースを参照する機能が有効となります。以下のパラメータを設定する必要があります。
- **ファイル:** データベースのファイル名です。
- **テーブル:** データベース中のテーブルの名前です。
- **フィールド:** 下記の項目に対応するフィールド名を選択します。
  - **Code:** 観測地点記号です。ユニークな識別子です。
  - **Name:** 観測地点の名称です。
  - **Longitude:** 観測地点の経度です。
  - **Latitude:** 観測地点の緯度です。

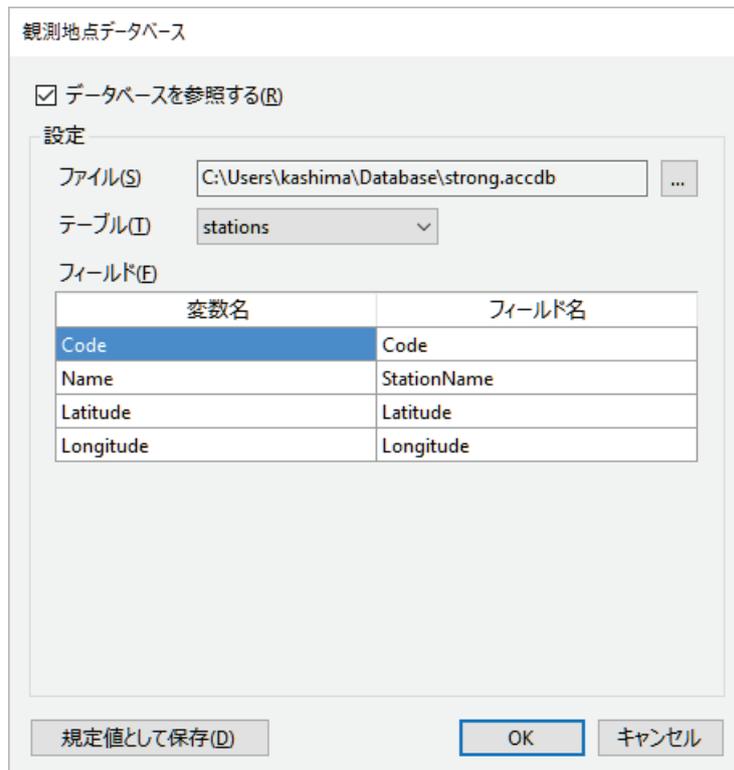


図 24 観測地点データベースの設定

地震データベースは、以下の情報を必要とします。

- **データベースを参照:** チェックするとデータベースを参照する機能が有効となります。以下のパラメータを設定する必要があります。
- **ファイル:** データベースのファイル名です。
- **テーブル:** データベース中のテーブルの名前です。
- **フィールド:** 下記の項目に対応するフィールド名を選択します。
  - **OriginTime:** 地震の発生時刻です。

- **Epicenter:** 震央の地名, あるいは地震の名称です。
- **Latitude:** 地震の緯度です。
- **Longitude:** 地震の経度です。
- **Depth:** 震源の深さです。
- **Magnitude:** 地震のマグニチュードです。

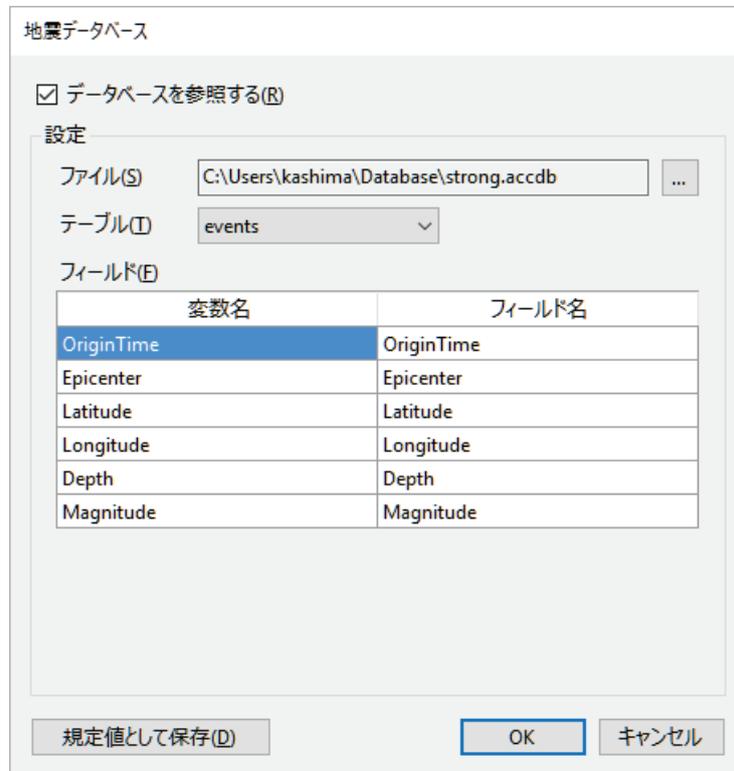


図 25 地震データベースの設定

(7) ツールバーを隠す/表示

ツールバーの表示/非表示を切り替えます。

(8) ステータスバーを隠す/表示

ステータスバーの表示/非表示を切り替えます。

(9) メニューバーを隠す/表示

メニューバーの表示/非表示を切り替えます。

### 3.1.5. ヘルプメニュー

ヘルプメニューには, 以下のサブメニューがあります。

(1) ウェブサイトを開く...

標準のブラウザで ViewWave のウェブサイトを開きます。

(2) ViewWave について...

次のようなダイアログボックスを表示します。

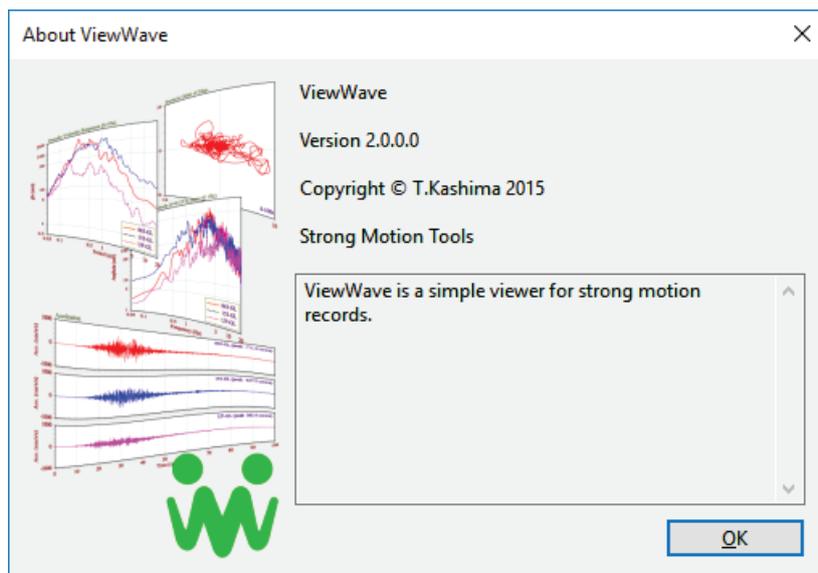


図 26 ViewWave についての表示

### 3.2. ツールバー

ツールバー上のボタンには、サブメニューの機能へのショートカットが割り当てられています。



図 27 ViewWave のツールバー

各ボタンは以下のサブメニューと同等の機能があります。

-  [ファイル] -> [開く...]
-  [ファイル] -> [追加...]
-  [ファイル] -> [印刷...]
-  [編集] -> [コピー]
-  [表示] -> [加速度波形]
-  [表示] -> [速度波形]
-  [表示] -> [変位波形]
-  [表示] -> [フーリエ解析], 逆三角形(▼)はサブメニューの表示
-  [表示] -> [応答スペクトル], 逆三角形(▼)はサブメニューの表示
-  [表示] -> [粒子軌跡], 逆三角形(▼)はサブメニューの表示
-  [表示] -> [相関解析], 逆三角形(▼)はサブメニューの表示
-  [表示] -> [レポート], 逆三角形(▼)はサブメニューの表示
-  [表示] -> [拡大/縮小], 逆三角形(▼)はサブメニューの表示
-  [表示] -> [時間軸] -> [戻る]
-  [表示] -> [時間軸] -> [進む]
-  [表示] -> [時間軸] -> [拡大]

-  [表示] -> [時間軸] -> [縮小]
-  [ツール] -> [ピーク値...]
-  [ツール] -> [プロパティ...]
-  [ツール] -> [オプション...]

### 3.3. ショートカットキー

*ViewWave* では以下のショートカットキーが利用できます。

[Ctrl] + [C]	現在のグラフを EMF データとしてクリップボードにコピー
[Ctrl] + [Shift] + [C]	現在のグラフをビットマップデータとしてクリップボードにコピー
[Ctrl] + [G]	格子スタイルの循環変更
[Ctrl] + [K]	ピークの印の表示/非表示を切り替えます。
[Ctrl] + [L]	凡例位置の循環変更
[Ctrl] + [M]	メニューバーを隠す/表示
[Ctrl] + [O]	新しいファイルを開く
[Ctrl] + [P]	現在のグラフを印刷
[Ctrl] + [S]	データを AC ファイルとして保存
[Ctrl] + [W]	閉じる
[Alt] + [F4]	<i>ViewWave</i> の終了
[F2]	加速度波形の表示
[F3]	速度波形の表示
[F4]	変位波形の表示
[F5]	Husid プロットの表示
[F6]	フーリエスペクトル[振幅]の表示
[F7]	パワースペクトルの表示
[F8]	自己相関係数の表示
[Shift] + [F2]	加速度応答スペクトルの表示
[Shift] + [F3]	速度応答スペクトルの表示
[Shift] + [F4]	変位応答スペクトルの表示
[Shift] + [F5]	擬似速度応答スペクトルの表示
[Shift] + [F6]	エネルギースペクトルの表示
[Ctrl] + [F2]	加速度粒子軌跡の表示
[Ctrl] + [F3]	速度粒子軌跡の表示
[Ctrl] + [F4]	変位粒子軌跡の表示

### 3.4. 設定

各種設定は[オプション]ダイアログボックスから制御できます。[オプション]ダイアログボックスはメニューの[ツール] -> [オプション...]で表示します。[オプション]ダイアログボックスには以下の9つのタブがあります

- 軸
- 表示
- チャンネル

- サイズ
- 計算条件
- レポート
- データベース
- 追加データ
- その他

また, [オプション]ダイアログボックスの下部には以下の4つのボタンがあります。

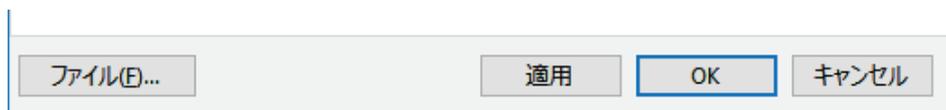


図 28 オプションダイアログボックスのボタン

- [ファイル...]: 現在の設定をファイルから読み込む, ファイルに保存する, 規定値とする, 規定値を破棄するためのメニューを表示します。
- [適用]: 変更を適用し, グラフを更新します。
- [OK]: 変更を適用し, ダイアログボックスを閉じます。
- [キャンセル]: 変更を取り消し, ダイアログボックスを閉じます。

[オプション]ダイアログボックスで変更可能な設定は, ファイルから読み込む, ファイルに保存する, 規定値とする, あるいは規定値を破棄することができます。[ファイル...]ボタンをクリックすると以下のようなメニューが表れます。

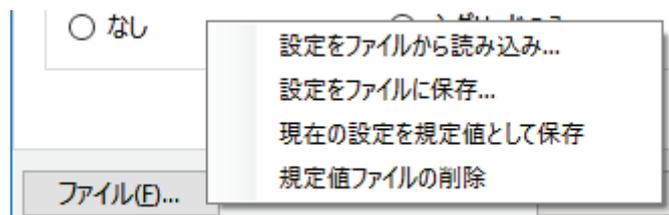


図 29 オプションダイアログボックスのファイルメニュー

- [設定をファイルから読み込み...]: 以前に保存した設定ファイルを読み込み, 反映します。
- [設定をファイルに保存...]: 現在の設定をファイルに保存します。
- [現在の設定を規定値として保存]: 現在の設定を規定値として保存します。設定は特殊なファイルに保存され, *ViewWave* の起動時に復元されます。
- [規定値ファイルを削除]: 規定値を保存した特殊なファイルを削除します。次回起動時から *ViewWave* の設定は初期状態に戻ります。

### 3.4.1. 軸タブ

個々の軸のスケールやラベルは[軸]タブ上で編集できます。編集可能な軸の種類は左側のリストボックスに表示されています。そこから目的の軸を選択すると, その設定値が右側に現れます。

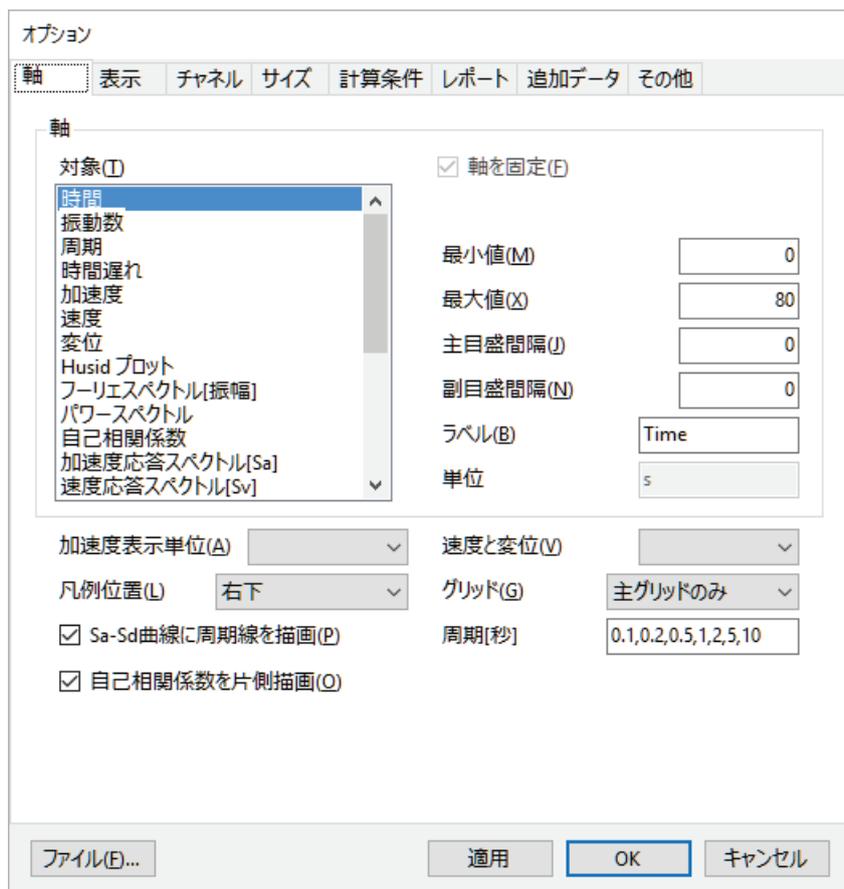


図 30 オプションダイアログボックスの軸タブ

軸に関するパラメータは 8 つあります。

- **軸を固定:** チェックすると以下のパラメータを使って軸がスケールされます。チェックされていないと **ViewWave** が適宜判断します。[時間], [振動数], [周期]及び[時間遅れ]軸の場合、軸のパラメータはユーザが設定しなければなりません。
- **対数軸を使用:** チェックすると対数軸となります。[時間]軸など対数軸が設定できない場合は表示されません。
- **最小値:** 軸の最小値を設定します。最大値だけが必要な場合、この項目は表示されません。例えば波形の場合、最小値は常に最大値の負の数となります。また、スペクトルの線形軸の場合、最小値は常にゼロです。
- **最大値:** 軸の最大値を設定します。
- **主目盛間隔:** 主目盛の間隔を指定します。目盛と数値が描画されます。ゼロが指定されると **ViewWave** が適宜設定します。対数軸の場合、指定できません。
- **副目盛間隔:** 副目盛の間隔を指定します。目盛のみ描画されます。ゼロが指定されると **ViewWave** が適宜設定します。対数軸の場合、指定できません。
- **ラベル:** 軸ラベルを設定します。
- **単位:** 単位を設定します。ラベルに続いて括弧で括って描画されます。

更に、凡例位置やグリッドのスタイルも[軸]タブ上で設定できます。また、Sa-Sd 曲線に描画する周期も、カンマ区切りで与えることができます。

### 3.4.2. 表示タブ

[表示]タブではグラフのほとんどの要素の体裁を制御できます。編集可能な要素は左側のリストボックスに列挙されています。

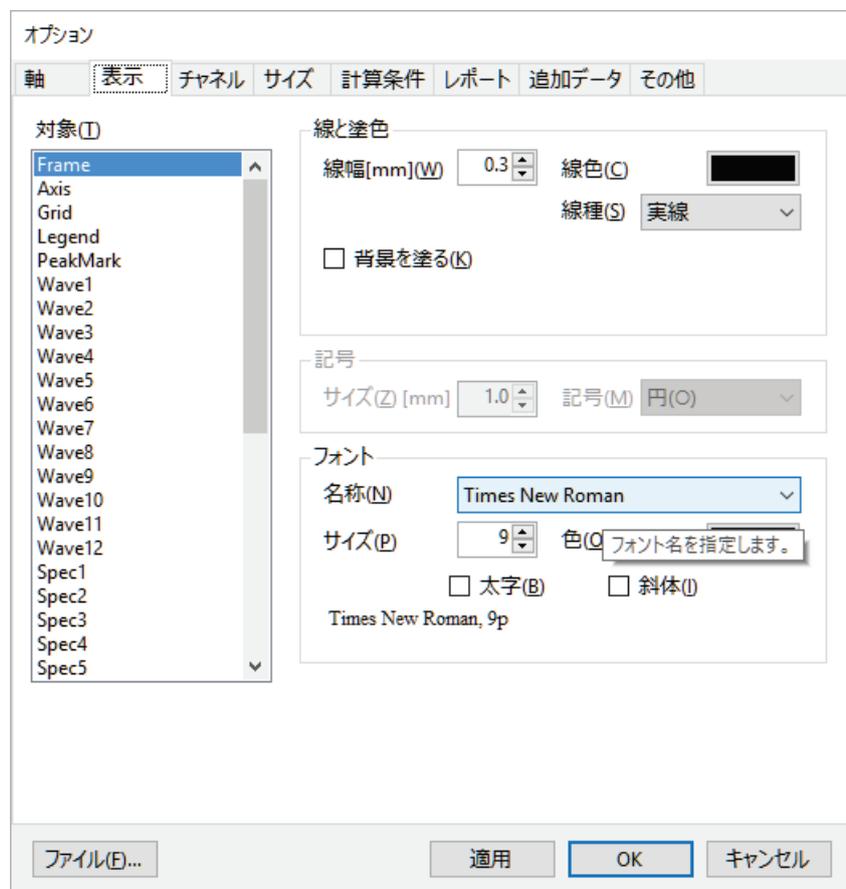


図 31 オプションダイアログボックスの表示タブ

リストボックスから要素を選択すると、描画線の属性(線幅, 線色, 線種)が確認/変更できます。要素には以下のものがあります。

- **Frame:** グラフの外側の枠です。このフォントはグラフのタイトルに適用されます。
- **Axis:** グラフの軸です。このフォントは軸のラベルと数値に適用されます。
- **Grid:** グラフのグリッド線です。このフォントは斜軸のラベルに適用されます。
- **Legend:** グラフの凡例です。このフォントは凡例のラベルに適用されます。
- **Wave1 ~ Wave12:** 波形の描画線です。
- **Spec1 ~ Spec12:** スペクトルの描画線です。
- **Extra1 ~ Extra12:** 追加データの描画線です。

**Frame** と **Legend** の場合,  背景を塗る]チェックボックスが表れ, チェックすると[背景色]と[アルファ値]を指定することができます。[アルファ値]は 0 から 255 の範囲の透過度を表す数値で, 0 が透明, 255 が不透明となります。 **Frame**, **Axis**, **Grid** 及び **Legend** の場合, フォントの指定ができます。フォントの適用対象は上述のとおりです。

### 3.4.3. チャンネルタブ

[チャンネル]タブでは, 描画するチャンネルを選択することができます。粒子軌跡を描画するチャンネル

の組合せや、相関解析を行うチャンネルの組を指定することもできます。

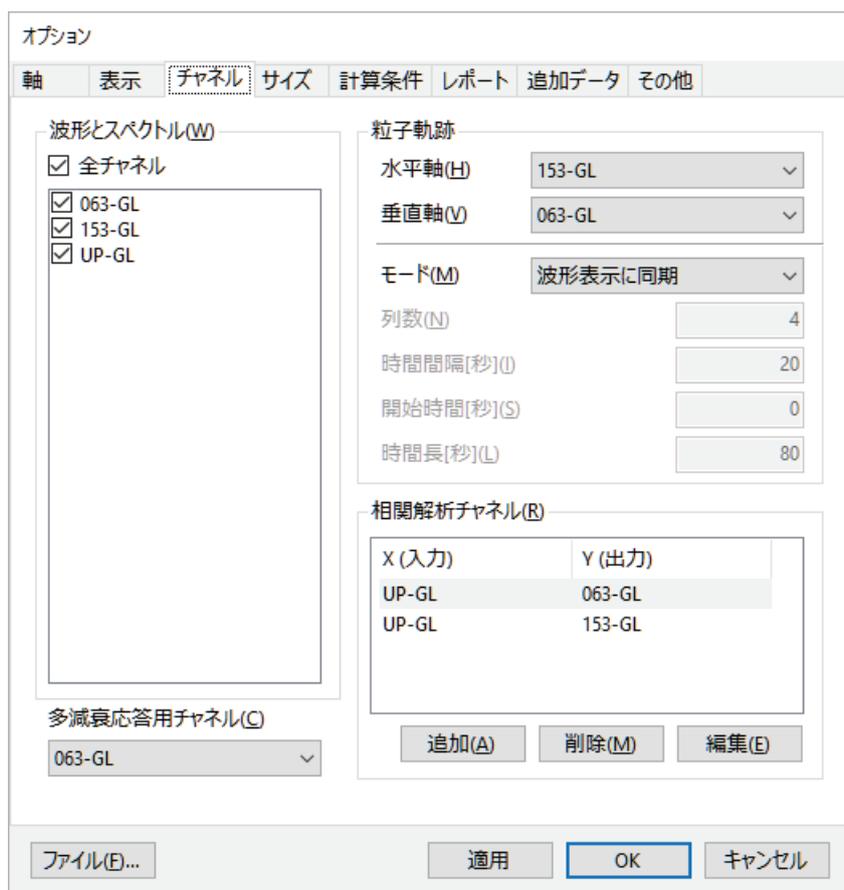


図 32 オプションダイアログボックスのチャンネルタブ

左側のキスとボックス内でチェックされているチャンネルが、波形や各種スペクトルとして描画されます。Windows エクスプローラでファイル名を変更するときのように、ラベルを 2 回クリックするとラベルを編集することができます。

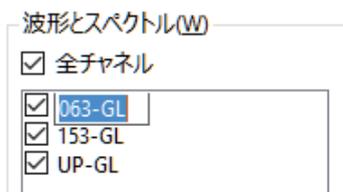


図 33 2 回クリックでラベルの編集可能

多減衰応答スペクトル用のチャンネルは、左下のドロップダウンボックスから選択します。

更に、右上のグループボックスで粒子軌跡の組合せを設定できます。粒子軌跡図の水平軸及び鉛直軸用のチャンネルをドロップダウンボックスから選択してください。更に、粒子軌跡の描画モードが以下から選択できます。

- **全記録時間:** 強震記録の全時間を描画します。
- **指定した時間:** [開始時間]と[時間長]で指定した時間を描画します。
- **波形表示に同期:** 波形の描画時間と同じ時間を描画します。
- **複数グラフ:** 複数グラフを描画します。

[指定した時間]や[複数グラフ]を選択した場合、以下のパラメータを指定する必要があります。

- 列数: [複数グラフ]の列数を指定します。
- 時間間隔[秒]: [複数グラフ]に分割する時間間隔を指定します。
- 開始時間[秒]: 描画モードが[指定した時間]や[複数グラフ]の場合の、描画開始時間を指定します。
- 時間長[秒]: 描画モードが[指定した時間]や[複数グラフ]の場合の、描画時間長を指定します。

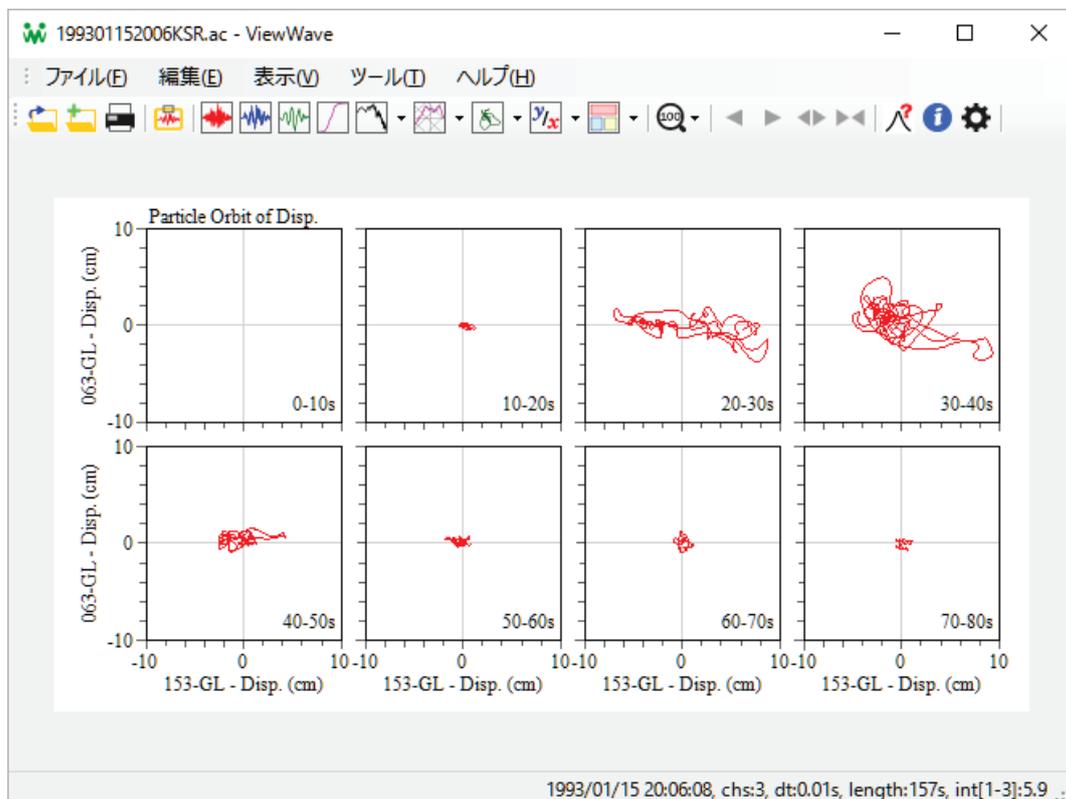


図 34 粒子軌跡複数グラフの例

[相関解析チャンネル]グループボックスでは、相関解析に用いるチャンネルの組み合わせを指定します。ひとつの組み合わせを選択し、「」[編集]ボタンを押すと下図のようなダイアログボックスが表示されますので、入力チャンネルと出力チャンネルを選択します。[追加]ボタンは新たな組み合わせを追加、[削除]ボタンは選択している組み合わせを削除します。

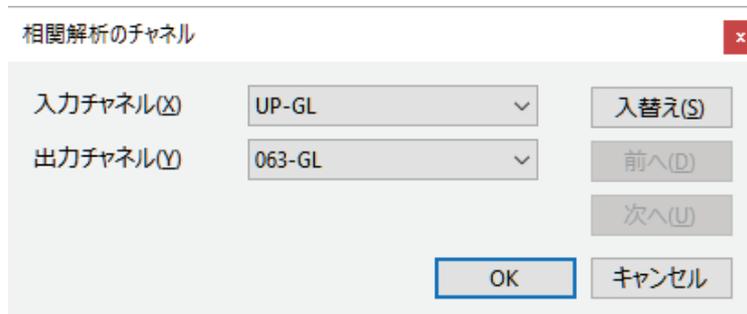


図 35 相関解析のチャンネルの指定

### 3.4.4. サイズタブ

[サイズ]タブでは、グラフやその要素の大きさを設定します。

オプション							
軸	表示	チャンネル	サイズ	計算条件	レポート	追加データ	その他
波形(W)			幅 [mm]	<input type="text" value="144"/>		高さ [mm]	<input type="text" value="24"/>
スペクトル(S)			幅 [mm]	<input type="text" value="72"/>		高さ [mm]	<input type="text" value="72"/>
粒子軌跡(P)			通常 [mm]	<input type="text" value="72"/>		複数 [mm]	<input type="text" value="32"/>
余白(M)			左 [mm]	<input type="text" value="15"/>		右 [mm]	<input type="text" value="5"/>
			上 [mm]	<input type="text" value="5"/>		下 [mm]	<input type="text" value="12"/>
波形間隔 [mm](G)				<input type="text" value="4"/>			
目盛高さ(H)			主 [mm]	<input type="text" value="1.5"/>		副 [mm]	<input type="text" value="1"/>
凡例(L)			線長 [mm]	<input type="text" value="8"/>		間隔 [mm]	<input type="text" value="1"/>

ファイル(F)...      適用      OK      キャンセル

図 36 オプションダイアログボックスのサイズタブ

- **波形:** 波形グラフの幅と高さを指定します。
- **スペクトル:** スペクトルグラフの幅と高さを指定します。波形と粒子軌跡以外のグラフに適用されます。
- **粒子軌跡:** 通常及び複数グラフの粒子軌跡の幅を指定します。高さは幅と同じです。
- **余白:** グラフの左右と上下にとる余白を指定します。
- **波形間隔:** 波形間の鉛直方向の間隔を指定します。
- **目盛高さ:** 主及び副の目盛高さを指定します。
- **凡例:** 凡例に描く描画線の長さと同程度の余白を指定します。

### 3.4.5. 計算条件タブ

[計算条件]タブでは、積分、フーリエ解析及び応答スペクトルの計算で用いるパラメータの設定を行います。

オプション

軸 表示 チャンネル サイズ 計算条件 レポート 追加データ その他

積分

積分方法(M) FFT(振動数領域) ▼

低域遮断振動数(L) 0.1

速度計特性(V) 振動数[Hz] 1 減衰 4

変位計特性(D) 振動数[Hz] 0.1 減衰 0.7071

フーリエ解析

解析区間(O) 全記録時間 ▼

解析時間(A) 開始[秒] 0 時間長[秒] 81.92

Parzen窓幅[Hz](W) 0.1

応答スペクトル

周期を等比分割する(G) 周期点数(N) 201

周期範囲(P) 最小[秒] 0.05 最大[秒] 20

多減衰応答スペクトル(Q)

減衰定数(R) Resp. 0.05 Ve 0.1

ファイル(E)... 適用 OK キャンセル

図 37 オプションダイアログボックスの計算条件タブ

### (1) 積分

積分方法は以下から選択できます。

- **FFT (振動数領域):** 高速フーリエ変換(FFT)を用いて振動数領域で積分します。
- **地震計シミュレーション:** 地震計をシミュレートして積分します。
- **台形則:** 台形則を用い、速度の線形基線補正を併用して積分します。

[FFT]を選択した場合、[低域振動数]を設定する必要があります。[地震計シミュレーション]を選択した場合、速度計と変位計の固有振動数と減衰定数を設定する必要があります。詳細は5.4節を参照してください。

### (2) フーリエ解析

フーリエ解析の[解析区間]は以下から選択します。

- **全記録時間:** 強震記録の全時間を解析します。
- **指定した時間:** [開始]と[時間長]で指定した時間を解析します。
- **波形表示に同期:** 波形の描画時間と同じ時間を解析します。

[Parzen 窓幅]は常に指定する必要があります。詳細はエラー! 参照元が見つかりません。節をご参照ください。

### (3) 応答スペクトル

応答スペクトルに関しては、以下のパラメータを設定します。

- **減衰定数:** Sa, Sv, Sd 及び pSv の減衰定数を[Resp.]テキストボックスに, Ve の減衰を[Ve]テキストボックスに設定します。[多減衰応答スペクトル]がチェックされている場合は, 下図のように, 減衰定数をカンマ区切りで指定します。

図 38 レポートの種類を問うメニュー

- **周期点数:** 応答を計算する周期の点数を設定します。
- **周期範囲:** 応答を計算する周期の範囲を[最小]と[最大]周期で設定します。
- **周期を等比分割する:** チェックすると周期は等比分割されます。チェックされていないと等差分割です。

### 3.4.6. レポートタブ

レポートは複数のグラフを組み合わせたグラフです。ViewWave は複数のレポートの設定を保持できます。

図 39 オプションダイアログボックスのレポートタブ

レポートには3つの種類があります。

- **組合せレポート:** 現在表示可能なグラフで構成されます。波形やスペクトル図に加え、相関解析のグラフや粒子軌跡も含むことができます。
- **チャンネルレポート:** ひとつのチャンネルの波形やスペクトルで構成されます。
- **センサーレポート:** ひとつのセンサーの波形やスペクトルで構成されます。ひとつのセンサーは連続した3つのチャンネルのデータで構成されるとみなします。

レポートを追加するには、右上の[追加]ボタンをクリックしてください。レポートの種類を選択するメニューが表示されます。



図 40 レポートの種類を問うメニュー

新しく追加されたグラフは最初ひとつの加速度波形を含んでいます。そのグラフの種類や位置、サイズは変更できます。座標系の原点は左上です。グラフの位置は、グラフの左上の点の座標を与えます。グラフの位置とサイズの単位は mm です。タイトル/テキスト欄では、グラフタイトルを新たに設定できます(空行の場合は、標準のタイトルが使用されます)。さらに、グラフのタイトルや判例、X 軸のラベル、Y 軸のラベルの表示の有無をチェックボックスで制御できます。また、[構成グラフ]グループボックス内の[追加]をクリックして新たなグラフを追加できます。

強震データのグラフに加え、[グラフ種類]として[テキストボックス]を選択することができます。[テキストボックス]を使ってレポートにメッセージを追加することができます。また、メッセージの中には 3.10 節で説明するプレースホルダを含めることができます。



図 41 グラフ種類の選択

更に 3.6 節にレポートに関する情報があります。

データベースを利用するためには、まず[**観測地点データベースを参照**]をチェックし、[**開く...**]ボタンをクリックしてデータベースファイルを指定します。更に、[**テーブル**]ドロップダウンボックスからテーブルを選択します。最後に、各フィールドのテキストボックスをクリックしてフィ

ールド名を選択します。すべてのフィールドを埋める必要があります。

### 3.4.7. 追加データタブ

強震データのグラフに加え、追加のデータを描画することができます。例えば、設計用スペクトルを観測された地震動のスペクトルの上に重ねて比較することができます。



図 42 オプションダイアログボックスの追加データタブ

[読み込み...]ボタンをクリックすると、追加データを読み込みためにファイル読み込みダイアログボックスが表示されます。追加データファイルを読み込んだ後、ファイルに含まれるデータがツリービューに表示されます。データのラベルは、Windows エクスプローラのファイル名の変更のように、ラベルをゆっくり 2 回クリックすると編集できます。チェックボックスのチェックを外すと、そのデータは描画されません。[削除]ボタンは現在選択中のデータを削除します。

3.8 節に、更に説明があります。

### 3.4.8. その他タブ

その他の種々の設定は、[その他]タブに配置されています。

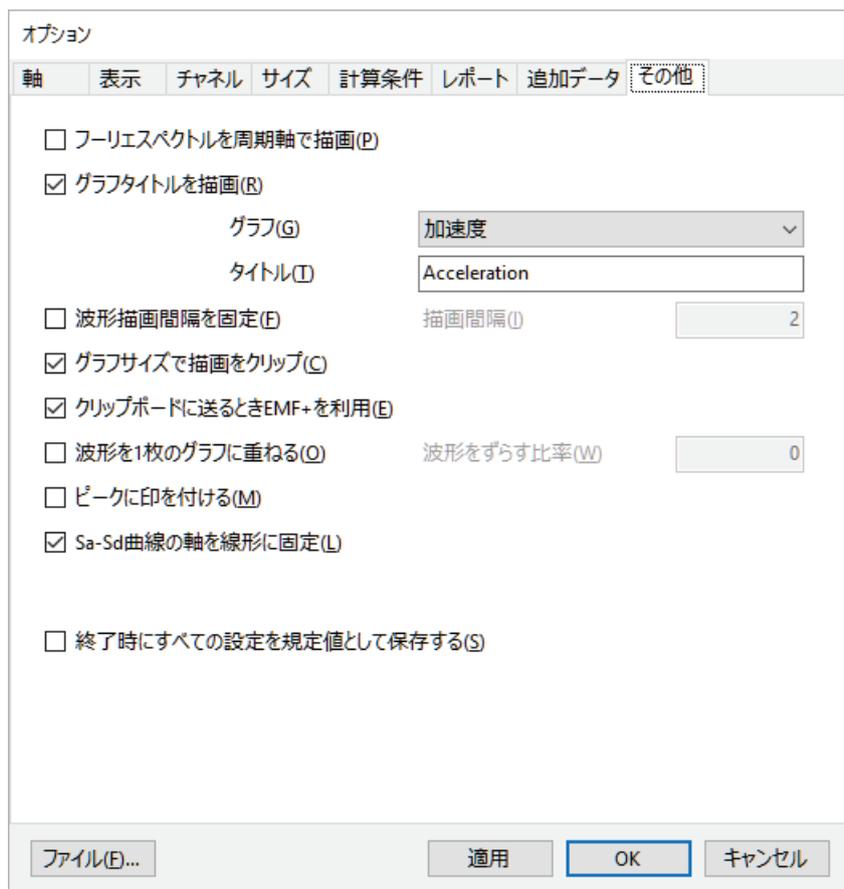
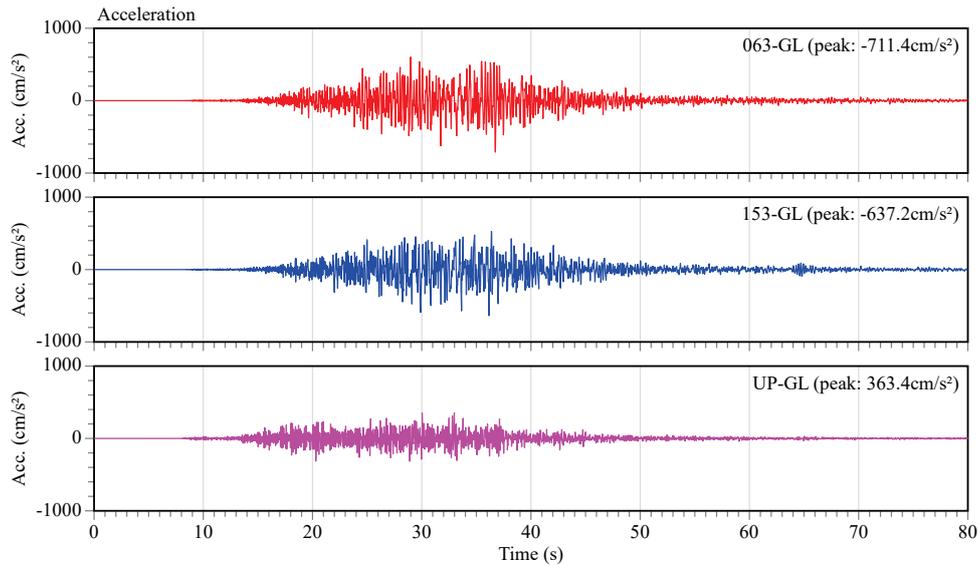


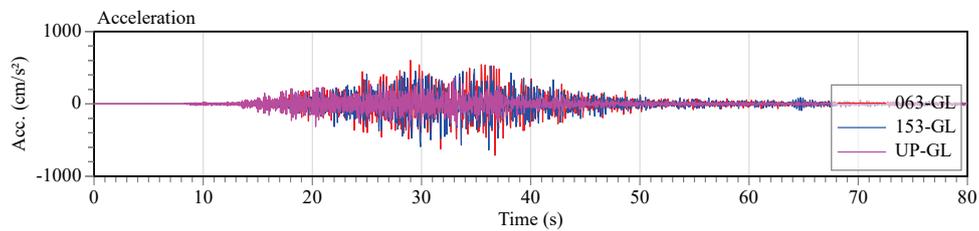
図 43 オプションダイアログボックスのその他タブ

ここには以下の項目があります。

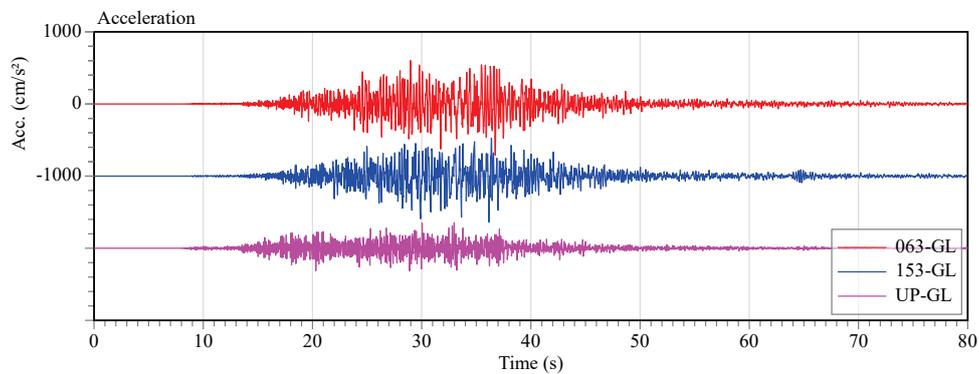
- **フーリエスペクトルを周期軸で描画:** チェックすると、フーリエスペクトルやフーリエスペクトル比など振動数の関数の横軸を周期で描画します。
- **グラフタイトルを描画:** チェックすると、グラフタイトルを表示します。タイトルはグラフの上部に描かれます。グラフ種類ごとにグラフタイトルの編集もできます。
- **波形描画間隔を固定:** 波形の描画間隔をチェックすると、指定の間隔に固定します。チェックしないと自動で設定されます。
- **グラフサイズで描画をクリップ:** チェックすると、グラフのサイズで波形やスペクトルの描画がクリップされます。
- **クリップボードに送るとき EMF+を利用:** チェックすると、コピー機能でグラフをクリップボードに送るとき、EMF+を使います。開発途中で必要だったのでこの項目が残っていますが、現在チェックの有無で結果に差はないはずです。
- **波形を1枚のグラフに重ねる:** チェックすると、波形をすべて1枚のグラフに重ねて描画します。[波形をずらす比率]に正の数値を指定すると、鉛直方向にずらしながら重ねられます。通常は別々のグラフとなります。図 44 に例を示します。



(a) □ 波形を1枚のグラフに重ねる



(b) ☑ 波形を1枚のグラフに重ねる(ずらす比率0)



(c) ☑ 波形を1枚のグラフに重ねる(ずらす比率0.5)

図 44 波形の表示方法

- ピークに印を付ける: チェックすると, 波形やスペクトルのピーク位置に印を付けます。
- Sa-Sd 曲線の軸を線形に固定: チェックすると, Sa-Sd 曲線の Sa 軸及び Sd 軸を, たとえ対数軸が指定されていても, 線形軸に固定します。
- 終了時にすべての設定を規定値として保存: チェックすると, 終了時の設定を規定値として保存します。通常は終了時に設定の変更は破棄されます。

### 3.5. 前処理

前処理は強震データを読み込んだ後, 加速度波形を表示する前に行う処理です。前処理の設定は, [ツール]メニューの[前処理...]から呼び出せる[前処理の設定]ダイアログボックスで確認及び変更ができます。

前処理の設定		
<input checked="" type="checkbox"/> オフセットを除去(O)	オフセット算出時間 [秒]	0
<input type="checkbox"/> バンドパスフィルタを適用(B)	低域遮断振動数 [Hz]	0
	高域遮断振動数 [Hz]	0
<input type="checkbox"/> 波形を水平面内で回転(R)	回転角度 [度]	0
<input type="checkbox"/> 係数倍する(M)	倍率(E)	1, 1, 1
<input type="checkbox"/> 波形を切り取る(I)	開始時間 [秒]	0
	時間長 [秒]	0
	ダウンサンプル間隔(D)	1
	読み込む継続ファイルの数(N)	5
<input type="checkbox"/> 使用チャンネルを選択(C)		
<input type="checkbox"/> 観測地点と地震の情報をデータベースに問い合わせる(I)		
<input type="checkbox"/> ファイル読み込みの度このダイアログを表示(S)		
		OK      キャンセル

図 45 前処理の設定ダイアログボックス

ここには以下の項目があります。

- **オフセットを除去:** チェックすると、強震データのオフセットを[オフセット算出時間]で指定した時間の平均値で補正します。[オフセット算出時間]がゼロの場合、全時間の平均値がオフセット値となります。
- **バンドパスフィルタを適用:** チェックすると、指定の遮断振動数を有するバンドパスフィルタを適用します。5.10.1 項に、さらに説明があります。
- **波形を水平面内で回転:** チェックすると、水平面内で強震データを回転します。チャンネルは Y (北南), X (東西)そして Z (上下)の順で保持されている必要があります。[回転角度]は回転する角度[度]です。[回転角度]がゼロで、データファイルが建築研究所の AC ファイルの場合、強震データは N000°E, N090°E に変換されます。5.10.2 節に、さらに説明があります。
- **係数倍する:** チェックすると、強震データに[倍率]で指定した係数を乗じます。複数の係数をコンマで区切って指定することもできます。複数指定された係数は順次かつ循環的に適用されます。
- **波形を切り取る:** チェックすると、強震データを切り取って、[開始時間]から[時間長]までを利用します。
- **ダウンサンプル間隔:** 強震データのダウンサンプリングの間隔を指定します。1 ならダウンサンプリングを行いません。例えば 100Hz でサンプリングされたデータに 2 の間隔でダウンサンプリングすると、50Hz のデータとなります。
- **読み込む継続ファイルの数:** 気象庁 95 型強震計のヘキサアスキーファイルや東京測振の T3W ファイルなど、継続ファイルがあるかもしれないデータファイルの場合、継続して読み込む最大のファイル数を指定します。
- **使用チャンネルを選択:** チェックすると、データファイルを読み込んだ後、以下のような使用チャンネルを選択するダイアログボックスを表示します。ダイアログボックスの左側に読み込んだチャンネルが並んでいますので、使用したいチャンネルをダブルクリックか[->]ボタンで右側の

リストボックスに移動してください。右側のリストボックスにあるチャンネルのみが使用されます。この機能は、チャンネルの順番を入れ替える目的でも利用できます。

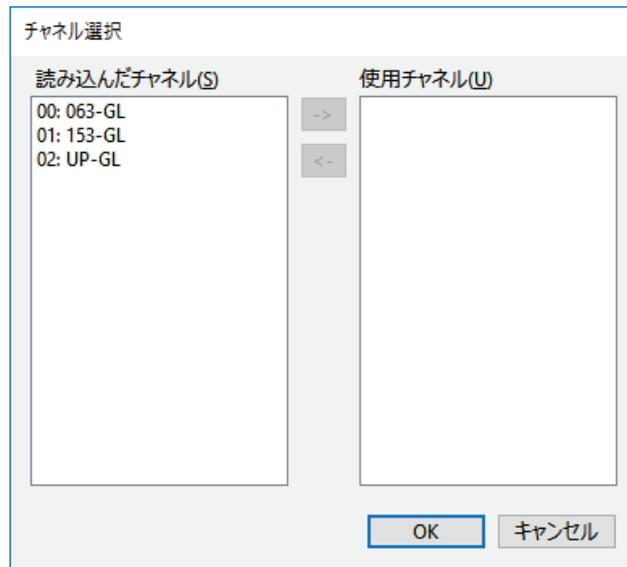


Fig. 46 Picking channels dialog window

- 観測地点と地震の情報をデータベースに問い合わせる: チェックすると、データファイルを読み込んだあと直ぐに、観測地点と地震の情報をデータベースに問い合わせます。
- ファイル読み込みの度このダイアログを表示: チェックすると、ファイル読み込みの度に、このダイアログを表示します。

### 3.6. レポート

3.4.6 項で説明したように、*ViewWave* には以下の 3 種類のレポートがあります。

- **組合せレポート**: 現在表示可能なグラフで構成されます。波形やスペクトル図に加え、相関解析のグラフや粒子軌跡も含むことができます。
- **チャンネルレポート**: ひとつのチャンネルの波形やスペクトルで構成されます。
- **センサーレポート**: ひとつのセンサーの波形やスペクトルで構成されます。ひとつのセンサーは連続した 3 つのチャンネルのデータで構成されるとみなします。

初期状態では以下の 5 つのレポートが設定されています。

- **Acc, Vel, Fourier and pSv in A4**: は前のバージョンの *ViewWave* のレポートと似たレポートです。加速度波形, 速度波形, フーリエスペクトル及び擬似速度応答スペクトルから構成された A4 に張り込める大きさのセンサーレポートです。
- **Acc and pSv of a sensor in line**: 加速度波形及び擬似速度応答スペクトルからなるコンパクトなセンサーレポートです。
- **Waves of a channel**: 加速度波形, 速度波形, 変位波形及び Husid プロットから構成されたチャンネルレポートです。
- **Transfer Functions (Amp-Phase and Real-Imaginary)**: フーリエスペクトル比の振幅, 位相, 実数部及び虚数部から構成された組合せレポートです。
- **Transfer Functions (Amp-Phase)**: フーリエスペクトル比の振幅と位相を組合せたレポートです。

チャンネルレポートの例として[Waves of a channel]のレポートを図 47 に示します。チャンネルレポートが表示されていると、メニューバーの右端にチャンネル選択用のドロップダウンボックスが表示されます。ここから目的のチャンネルを簡単に選択できます。

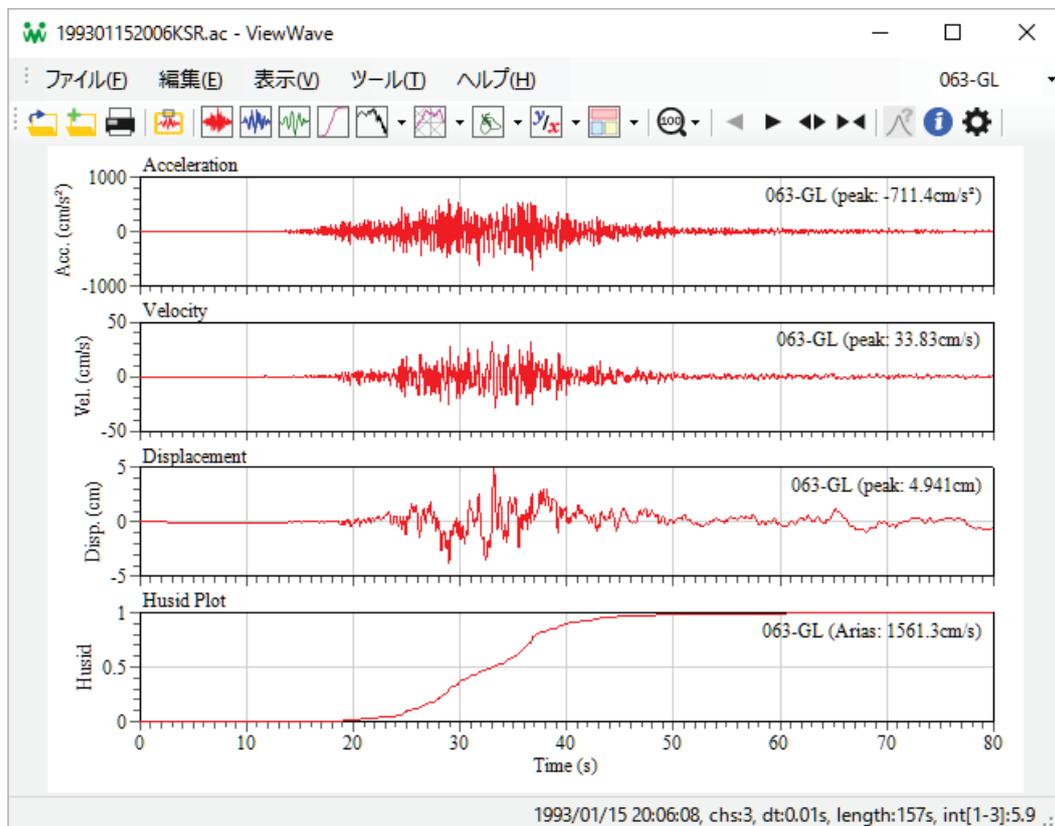


図 47 チャンネルレポートの例 (199301152006KSR.ac)

センサーレポートの例として[Acc and pSv of a sensor in line]のレポートを図 48 に示します。センサーレポートが表示されていると、メニューバーの右端にセンサー選択用のドロップダウンボックスが表示されます。ここから目的のセンサーを簡単に選択できます。

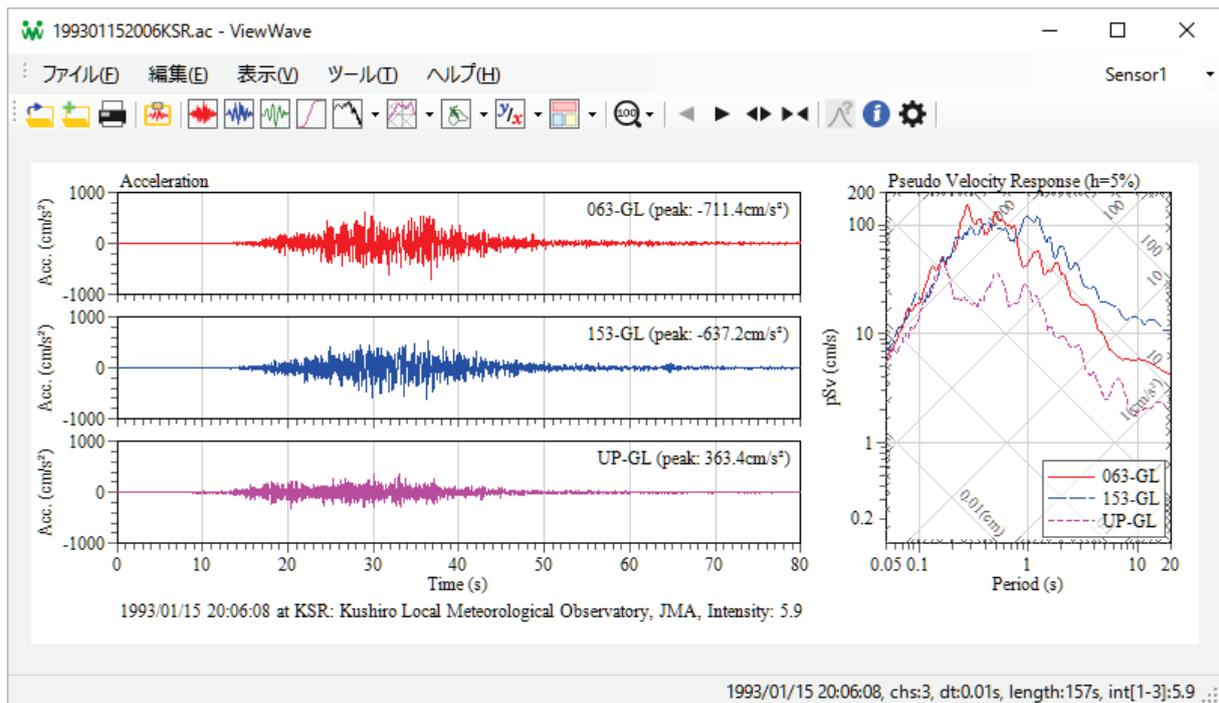


図 48 センサーレポートの例 (199301152006KSR.ac)

組合せレポートの例として[Transfer Functions (Amp-Phase and Real-Imaginary)]のレポートを図 49 に示します。

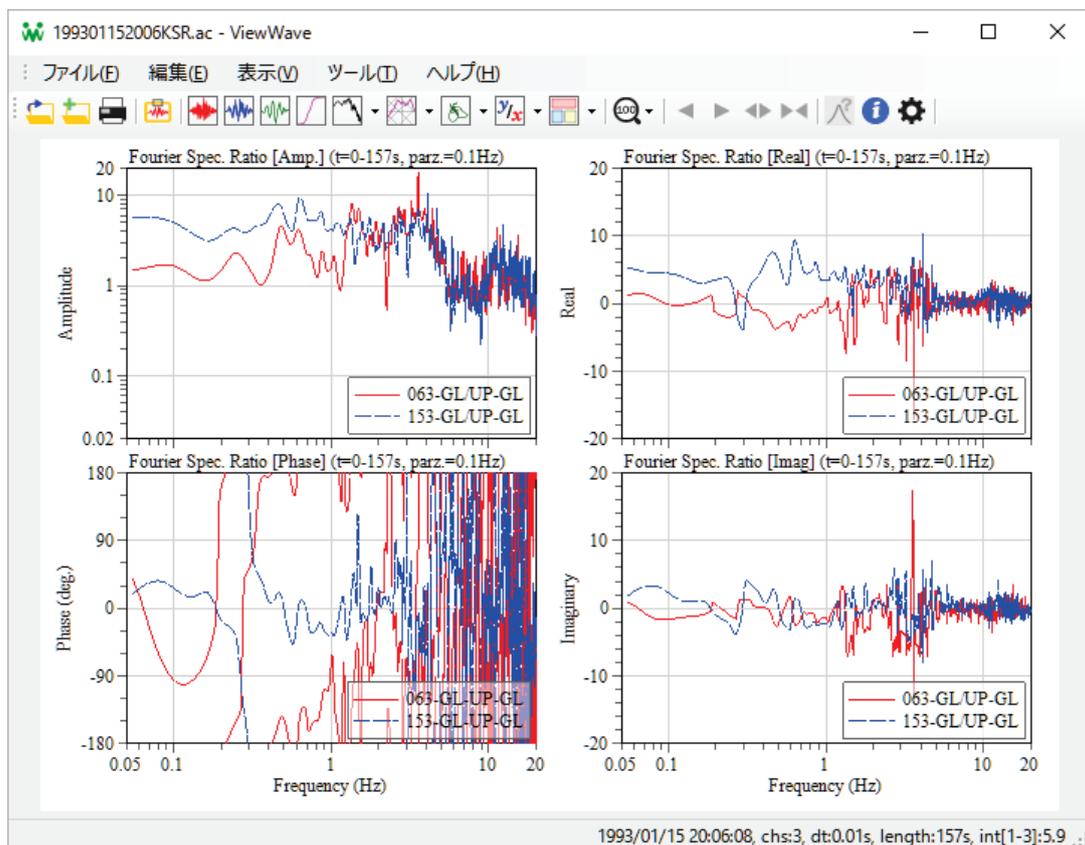


図 49 組合せレポートの例 (199410042222KSR.ac)

### 3.7. データのエクスポート

**ViewWave** が持っているすべてのデータはファイルに書き出すことができます。データを書き出すには[ファイル]メニューの[エクスポート...]を選択します。**ViewWave** は出力対象と出力形式を選択するダイアログボックスを表示します。

出力可能なデータは[出力対象]ドロップダウンボックスにリストされています。

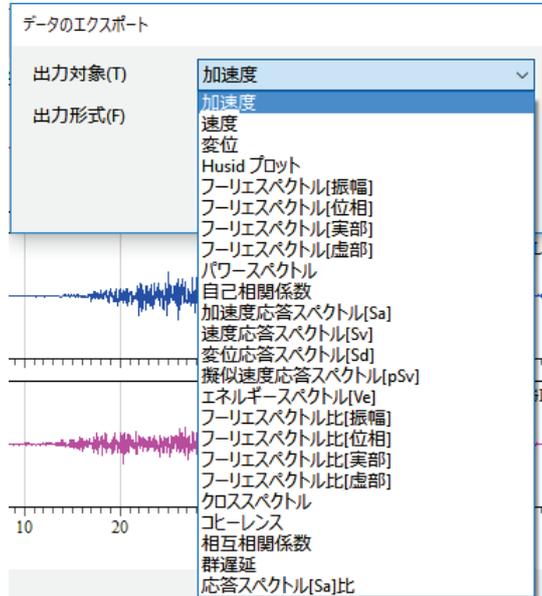


図 50 データのエクスポート -出力対象

出力形式としては3つの選択肢があります。

- **CSV(カンマ区切り)ファイル:** は行列形式のファイルです。データはカンマで区切られています。ファイルの拡張子は“.csv”となります。
- **TSV(タブ区切り)ファイル:** は行列形式のファイルです。データはタブで区切られています。ファイルの拡張子は“.tsv”となります。
- **テキストファイル:** はチャンネルごとにブロック化されたファイルです。データは固定長形式で書かれます。ファイルの拡張子は“.txt”となります。

[OK]ボタンをクリックすると、出力ファイルを指定するダイアログボックスが表示されます。

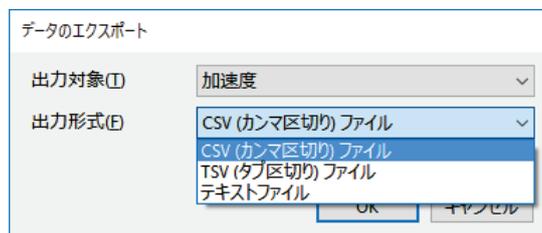


図 51 データのエクスポート -出力形式

図 52 から図 54 はエクスポートされたファイルの例です。

```

Sa - 199301152006KSR.ac
3,201
Period(s),063-GL,153-GL,UP-GL
0.0500,7.79555e+02,8.24798e+02,6.87348e+02
0.0515,7.98907e+02,8.88687e+02,7.50852e+02
0.0531,7.94407e+02,8.84150e+02,7.63344e+02
0.0547,8.25074e+02,8.65764e+02,6.96613e+02
0.0564,7.98642e+02,9.10080e+02,7.60011e+02
0.0581,8.21047e+02,9.08989e+02,8.31120e+02
0.0598,8.30904e+02,9.71435e+02,7.43404e+02
0.0617,8.63603e+02,1.01370e+03,6.94255e+02
0.0635,8.90775e+02,1.07676e+03,6.55854e+02
0.0655,9.70367e+02,1.12468e+03,7.08700e+02
0.0675,9.71469e+02,1.06264e+03,7.16422e+02
0.0695,1.07218e+03,1.04733e+03,7.43857e+02
0.0716,1.06161e+03,1.01046e+03,8.18442e+02
0.0738,1.15156e+03,1.11292e+03,7.87680e+02
0.0761,1.27118e+03,1.14262e+03,8.36992e+02
0.0784,1.35789e+03,1.11770e+03,7.51543e+02
0.0807,1.35590e+03,1.22319e+03,7.18125e+02
0.0832,1.22240e+03,1.33923e+03,8.81456e+02
0.0857,1.18985e+03,1.35933e+03,8.51492e+02
0.0883,1.18774e+03,1.42165e+03,7.84052e+02
0.0910,1.25453e+03,1.50457e+03,7.93264e+02
0.0938,1.25083e+03,1.62780e+03,8.13613e+02
0.0966,1.21623e+03,1.51436e+03,8.22576e+02
0.0996,1.21793e+03,1.37149e+03,8.78917e+02
0.1026,1.19039e+03,1.28254e+03,9.76938e+02
0.1057,1.28020e+03,1.27934e+03,1.01636e+03
(snipped...)

```

図 52 エクスポートされた CSV ファイルの例

```

Sa - 199301152006KSR.ac
3      201
Period(s)    063-GL  153-GL  UP-GL
0.0500  7.79555e+02  8.24798e+02  6.87348e+02
0.0515  7.98907e+02  8.88687e+02  7.50852e+02
0.0531  7.94407e+02  8.84150e+02  7.63344e+02
0.0547  8.25074e+02  8.65764e+02  6.96613e+02
0.0564  7.98642e+02  9.10080e+02  7.60011e+02
0.0581  8.21047e+02  9.08989e+02  8.31120e+02
0.0598  8.30904e+02  9.71435e+02  7.43404e+02
0.0617  8.63603e+02  1.01370e+03  6.94255e+02
0.0635  8.90775e+02  1.07676e+03  6.55854e+02
0.0655  9.70367e+02  1.12468e+03  7.08700e+02
0.0675  9.71469e+02  1.06264e+03  7.16422e+02
0.0695  1.07218e+03  1.04733e+03  7.43857e+02
0.0716  1.06161e+03  1.01046e+03  8.18442e+02
0.0738  1.15156e+03  1.11292e+03  7.87680e+02
0.0761  1.27118e+03  1.14262e+03  8.36992e+02
0.0784  1.35789e+03  1.11770e+03  7.51543e+02
0.0807  1.35590e+03  1.22319e+03  7.18125e+02
0.0832  1.22240e+03  1.33923e+03  8.81456e+02
0.0857  1.18985e+03  1.35933e+03  8.51492e+02
0.0883  1.18774e+03  1.42165e+03  7.84052e+02
0.0910  1.25453e+03  1.50457e+03  7.93264e+02
0.0938  1.25083e+03  1.62780e+03  8.13613e+02
0.0966  1.21623e+03  1.51436e+03  8.22576e+02
0.0996  1.21793e+03  1.37149e+03  8.78917e+02
0.1026  1.19039e+03  1.28254e+03  9.76938e+02
0.1057  1.28020e+03  1.27934e+03  1.01636e+03
(snipped...)

```

図 53 エクスポートされた TSV ファイルの例

```

Sa - 199301152006KSR.ac
      3          201
Period(s)
  0.0500    0.0515    0.0531    0.0547    0.0564    0.0581
  0.0598    0.0617    0.0635    0.0655    0.0675    0.0695
  0.0716    0.0738    0.0761    0.0784    0.0807    0.0832
  0.0857    0.0883    0.0910    0.0938    0.0966    0.0996
  0.1026    0.1057    0.1090    0.1123    0.1157    0.1192
  0.1228    0.1266    0.1304    0.1344    0.1385    0.1427
  0.1470    0.1515    0.1561    0.1608    0.1657    0.1708
(snipped...)
  6.4068    6.6016    6.8024    7.0092    7.2224    7.4420
  7.6683    7.9015    8.1418    8.3894    8.6445    8.9074
  9.1783    9.4574    9.7450    10.0414   10.3467   10.6614
  10.9856   11.3197   11.6639   12.0186   12.3841   12.7607
  13.1488   13.5487   13.9607   14.3852   14.8227   15.2735
  15.7379   16.2165   16.7097   17.2178   17.7414   18.2810
18.8369   19.4097   20.0000
063-GL
  7.79555e+02 7.98907e+02 7.94407e+02 8.25074e+02 7.98642e+02 8.21047e+02
  8.30904e+02 8.63603e+02 8.90775e+02 9.70367e+02 9.71469e+02 1.07218e+03
  1.06161e+03 1.15156e+03 1.27118e+03 1.35789e+03 1.35590e+03 1.22240e+03
  1.18985e+03 1.18774e+03 1.25453e+03 1.25083e+03 1.21623e+03 1.21793e+03
(snipped...)

```

図 54 エクスポートされたテキストファイルの例

### 3.8. 追加データ

3.4.7 項でも触れたように、強震データのグラフに加えて追加のデータを描画することができます。例えば、設計用スペクトルを観測された地震動のスペクトルの上に重ねて比較することができます。追加データの読み込み方法は 3.4.7 項をご参照ください。

追加データはファイルから読み込みます。ファイルはカンマ区切りファイル(\*.csv)かタブ区切りファイル(\*.tsv)でなければなりません。追加データファイルの例を以下に示します。

```

pSv
2,201
Period(s),Mare,Gokumare
0.05,0.748028233,3.740141163
0.0515,0.777845911,3.889229556
0.0531,0.81012508,4.0506254
0.0547,0.842893173,4.214465865
0.0564,0.878244987,4.391224936
0.0581,0.914148751,4.570743754
0.0598,0.950604464,4.753022319
0.0617,0.992002256,4.96001128
0.0635,1.0318572,5.159286001
0.0655,1.076866218,5.384331091
0.0675,1.12263918,5.613195899
0.0695,1.169176085,5.845880426
0.0716,1.21886203,6.094310151
0.0738,1.271817336,6.359086681
0.0761,1.328168054,6.640840268
0.0784,1.385529087,6.927645433
0.0807,1.443900435,7.219502176
0.0832,1.508493469,7.542467345
0.0857,1.574280165,7.871400823
0.0883,1.643964565,8.219822825
0.091,1.717695639,8.588478194
0.0938,1.795628085,8.978140424
(snipped)

```

図 55 追加データファイルの例

最初の行の最初の単語はデータ種類を表すキーワードです。指定可能なキーワードと対応するデータ種類は以下に示します。2行目はデータ列数とデータ個数です。3行目はデータラベルです。データは4行目から始まります。データ行の行数はデータ個数と一致していなければなりません。データ行の最初の数値は振動数または周期です。この数値はデータ列数に含まれません。2番目以降の数値がデータで、データ列数と同じ行に並びます。このファイル形式は **ViewWave** のエクスポートファイルと共通です。

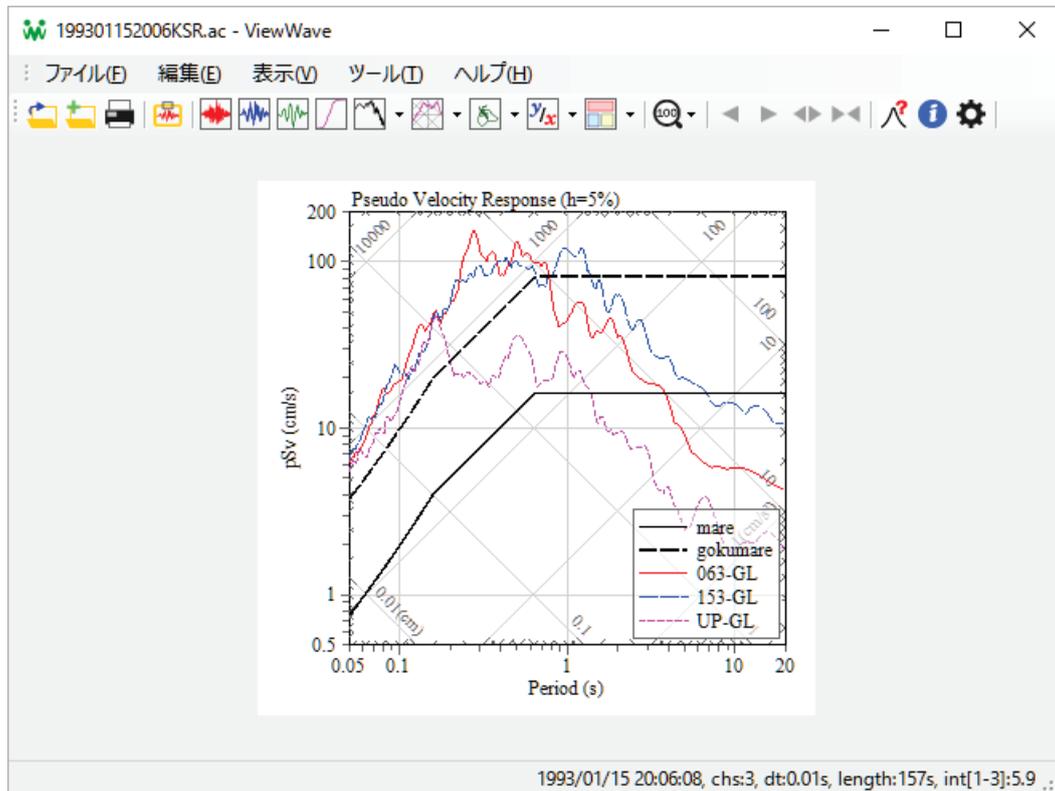


図 56  $pSv$  上に描画された追加データの例

**ViewWave** は以下の追加データを扱えます。太字の部分キーワードです。

- **FspAmp**: フーリエスペクトル[振幅]上に描画されます。
- **Power**: パワースペクトル上に描画されます。
- **Sa**: 加速度応答スペクトル上に描画されます。
- **Sv**: 速度応答スペクトル上に描画されます。
- **Sd**: 変位応答スペクトル上に描画されます。
- **pSv**: 擬似速度応答スペクトル上に描画されます。
- **Ve**: エネルギースペクトル上に描画されます。
- **SaSd**: Sa-Sd 曲線上に描画されます。
- **FspRatioAmp**: フーリエスペクトル比[振幅]上に描画されます。
- **FspRatioPhase**: フーリエスペクトル比[位相]上に描画されます。
- **FspRatioReal**: フーリエスペクトル比[実数]上に描画されます。
- **FspRatioImag**: フーリエスペクトル比[虚数]上に描画されます。
- **Cross**: クロススペクトル上に描画されます。
- **Coherence**: コヒーレンス上に描画されます。
- **RespRatio**: 応答スペクトル比上に描画されます。

### 3.9. 観測地点と地震の情報

強震データファイルから得られた観測地点と地震の情報は[ツール]メニューの[観測地点と地震... ]から表示されるダイアログボックスから確認できます。このダイアログボックスにある[データベース...]ボタンは,[オプション]ダイアログボックスの[データベース]タブを呼び出します。

観測地点と地震の情報			
<b>観測地点</b>			
記号(C)	KSR	記号でデータベースに問い合わせ(Q)	
名称(N)	Kushiro Local Meteorological Observatory, JMA		
緯度[度](L)	0.00000	経度[度](Q)	0.00000
<b>地震</b>			
震源時(B)	1993/01/15 20:06:08.0	日時でデータベースに問い合わせ(Q)	
震央地名(E)			
緯度[度](A)	0.00000	経度[度](N)	0.00000
深さ[km](D)	0	M(M)	0.0
		OK	キャンセル

図 57 観測地点と地震の情報ダイアログボックス

データベースの設定が行われていれば,[記号でデータベースに問い合わせ]または[日時でデータベースに問い合わせ]ボタンで追加の情報をデータベースから取得することができます。

観測地点データベースの場合,[記号]が検索のキーになります。**ViewWave** は同じ記号の観測地点をデータベースから検索します。

地震データベースの場合,[震源時]が検索のキーになります。強震データファイルに震源時の情報がなかった場合,**ViewWave** は記録の開始時を[震源時]としてセットします。**ViewWave** は指定の時間に近い地震をデータベースから検索します。

観測地点と地震の情報			
<b>観測地点</b>			
記号(C)	KSR	記号でデータベースに問い合わせ(Q)	
名称(N)	Kushiro Local Meteorological Observatory, JMA		
緯度[度](L)	42.97877	経度[度](Q)	144.38820
<b>地震</b>			
震源時(B)	1993/01/15 20:06:07.2	日時でデータベースに問い合わせ(Q)	
震央地名(E)	Off Kushiro		
緯度[度](A)	42.91667	経度[度](N)	144.35667
深さ[km](D)	101	M(M)	7.5
		OK	キャンセル

Fig. 58 データベースへ問合せ後の観測地点と地震の情報ダイアログボックス

もし[前処理]ダイアログボックスの[ 観測地点と地震の情報をデータベースに問い合わせる]がチェックされていれば、データベースへの問い合わせはファイルの読み込み直後に行われます。

### 3.10. プレースホルダ

グラフィックタイトルやレポートのテキストボックスにはプレースホルダを含めることができます。プレースホルダは描画時に対応する実際の情報に置き換えられます。利用可能なプレースホルダを以下に示します。

- **%c**: 加速度データのチャンネル数に置き換えられます。
- **%C**: 観測地点記号に置き換えられます。
- **%d**: 加速度データのサンプル時間間隔に置き換えられます。単位[s]付きです。
- **%D**: 震源深さに置き換えられます。単位[km]付きです。
- **%e**: エネルギースペクトルの減衰定数に置き換えられます。単位はパーセントで単位[%]付きです。
- **%E**: 地震の情報に置き換えられます。“[震源時] at [震央地名] (h=[深さ]km, M[マグニチュード])”の書式です。
- **%f**: 加速度データのサンプル振動数に置き換えられます。単位[Hz]付きです。
- **%F**: 強震記録ファイルの完全なファイル名です。
- **%h**: 応答スペクトルの減衰定数に置き換えられます。単位はパーセントで単位[%]付きです。
- **%i**: 気象庁計測震度に置き換えられます。センサーレポートが選択されていれば、現在選択中のセンサーの3成分から算出した値です。チャンネルレポートが選択されていれば、現在選択中のチャンネルを含むセンサーの3成分から算出した値です。それ以外の場合、最初のセンサーの3成分から算出した値です。
- **%M**: 地震のマグニチュードに置き換えられます。
- **%n**: 加速度データのステップ数に置き換えられます。
- **%N**: 強震記録ファイルの(パスを除いた)ファイル名です。
- **%o**: 粒子軌跡の描画時間に置き換えられます。
- **%O**: 地震の震源時に置き換えられます。
- **%Q**: 地震の震央地名に置き換えられます。
- **%r**: 加速度データの開始時間に置き換えられます。
- **%R**: 改行コードに置き換えられます。
- **%S**: 観測地点名称に置き換えられます。
- **%t**: フーリエ解析の対象時間に置き換えられます。
- **%w**: Parzen 窓の幅に置き換えられます。単位[Hz]付きです。

Containing graphs

No.	5 /5		Remove	Add
Graph	Text box			
Position	Left [mm]	15	Top [mm]	230
Size	Width [mm]	140	Height [mm]	8
Text	%r at %C: %S, Intensity: %i			

(a) レポート設定でのテキスト設定



(b) 表示されるレポートのテキスト

図 59 プレースホルダの利用

## 4. 技術情報

### 4.1. サポートしている強震データファイル

*ViewWave* は、以下に説明する強震データファイルを読み込むことができます。なお、*ViewWave* が内部で扱っている加速度の単位は  $\text{cm/s}^2$  です。すべての強震データファイルは、 $\text{cm/s}^2$  に変換して読み込みます。

#### 4.1.1. 建築研究所 AC ファイル

建築研究所は、その強震観測ネットワークで得られた強震記録をウェブ上で提供しています。データファイルの拡張子は AC で、複数のチャンネルがひとつのファイルに収録されています。詳細は以下をご参照ください。*ViewWave* はもちろん、AC ファイルを読めます。

- 建築研究所の強震観測: <http://smo.kenken.go.jp/ac/>
- 強震記録(.ac)ファイル: <http://smo.kenken.go.jp/ja/smn/acfile>

#### 4.1.2. 防災科学技術研究所 K-NET 及び KiK-net ファイル

防災科学技術研究所(NIED)はふたつの大規模な強震観測網を運営しています。K-NET 及び KiK-net と称される観測網で得られた強震記録は、ウェブサイトで公開されています。

K-NET の観測地点はひとつの強震計を有し、強震計は 3 成分の加速度計を有しています。ひとつの強震記録は拡張子“EW”, “NS”及び“UD”の 3 つのファイルで提供されます。

KiK-net の観測地点には、地表と地中に 2 つの加速度計があります。通常地中の加速度計は、地震基盤と呼ばれる岩盤上に埋設されています。各加速度計は 3 成分の加速度を計測します。ひとつの強震記録は拡張子“EW1,” “NS1,” “UD1,” “EW2,” “NS2”及び“UD2.”の 6 つのファイルで提供されます。

K-NET と KiK-net の強震記録を読む場合、ひとつのファイルを指定されると *ViewWave* は全チャンネルを読み込もうとします。

- 防災科学技術研究所強震観測網: <http://www.kyoshin.bosai.go.jp/kyoshin/>
- 強震データの K-NET ASCII フォーマットについて:  
<http://www.kyoshin.bosai.go.jp/kyoshin/man/knetform.html>

#### 4.1.3. 気象庁強震記録ファイル

気象庁(JMA)は全国に震度計を展開しています。震度計は震度を計測する機器ですが、強震計としても機能します。震度計で得られた強震記録は気象業務支援センターから CD や DVD で年報として発刊されています。これには地方自治体の震度情報ネットワークで得られた強震記録も一部含まれます。また、気象庁の震度計で得られた一部の強震記録は気象庁のウェブサイトからダウンロードできます。大別すると強震記録ファイルの書式は 2 種類あります。ヘキサアスキーファイルと CSV ファイルです。ヘキサアスキーファイルは、拡張子の部分を観測地点記号で使っているため、決まった拡張子がありません。*ViewWave* はこれら 2 種類のファイルを読むことができます。

- 95 型震度計ヘキサアスキーファイル(YMDDhhmm.\*)
- 気象庁 CSV ファイル(\*.csv)

震度計にはいくつかの種類があり、種類によって加速度計の感度に違いがあります。ヘキサアス

キーファイルの場合、ファイルの中には震度計の種類の情報がありません。よって **ViewWave** はヘッダー上に書かれた最大値情報とデータ中の最大値を比較して感度を決定しています。

- 気象庁 (JMA): <http://www.jma.go.jp/>
- 気象業務支援センター(JMBSC): <http://www.jmbc.or.jp/>

#### 4.1.4. バイナリファイル

いくつかの強震計や専用のソフトウェアは固有の書式を持ったバイナリファイルを作ります。**ViewWave** はそのようなバイナリファイルの一部を直接読むことができます。現在, **ViewWave** は以下のバイナリファイルをサポートしています。

- ミットヨ(アカシ) SMAC-MD/MDU ファイル(\*.md)
- 東京測振 win32 ファイル(\*.t3w)
- 東京測振 DBL ファイル(\*.dbl)
- Kinematics Altus K2/Etna イベントファイル(\*.evt)

ミットヨ(アカシ)の SMAC-MD/MDU 強震計は拡張子“SMC”のバイナリファイルを作ります。また関連するソフトウェアには拡張子“DAT”のファイルを作るものがあります。いろいろ紛らわしいのでここでは標準の拡張子は“md”として扱っていますが **ViewWave** は“SMC”や“DAT”の拡張子であっても読むことができます。

**ViewWave** は Kinematics の K2 や Etna の“EVT”ファイルを読むことができるはずですが、最近の機種については残念ながら手元にないのでわかりません。

#### 4.1.5. 米国の主な強震データファイル

米国は強震観測の先駆者であり、古くからデータベースが整備されています。**ViewWave** は以下の3つの主要なデータベースのデータファイルを読むことができます。

- 米国地質調査所(USGS)NSMP のファイル(\*.smc)
- カリフォルニア州地質調査所(CGS)CSMIP のデータファイル(\*.raw; \*.v2)
- COSMOS のデータファイル(\*.v1c; \*.v2c)

データファイルの詳細は以下をご参照ください。

- NSMP Data - USGS: <http://earthquake.usgs.gov/monitoring/nsmp/data.php>
- SMC-format Data Files: <http://escweb.wr.usgs.gov/nsmp-data/smcfmt.html>
- Center for Engineering Strong Motion Data: <http://strongmotioncenter.org/>
- Data Format in “About CESMD”: <http://strongmotioncenter.org/aboutcesmd.html>

#### 4.1.6. PEER データベースファイル

もうひとつの米国で著名な強震データベースは、カリフォルニア大学バークレー校(UCB)の PEER Ground Motion Database でしょう。**ViewWave** は拡張子“AT2”の PEER データベースのファイルを読むことができます。

- PEER Ground Motion Database: <http://ngawest2.berkeley.edu/>

#### 4.1.7. ニュージーランド GeoNet 強震データファイル

ニュージーランドの GeoNet は全国に強震観測網を展開しています。**ViewWave** は拡張子“V1A”と“V2A”の GeoNet の強震データファイルを読むことができます。

- Strong-Motion Data - GeoNet: <http://info.geonet.org.nz/display/appdata/Strong-Motion+Data>

#### 4.2. その他のデータファイル

その他のカンマ区切り (CSV) ファイルや ASCII テキストファイルも **ViewWave** は読めるかもしれませんが、**ViewWave** は 2 種類のデータ形式を想定しています。ひとつは行列形式で、他方はチャンネルブロック化形式です。

行列形式は同時にサンプルされた全チャンネルのデータが 1 行に書かれている形式です。行列形式のファイルは最初に数行のヘッダーラインがあり、その後にデータ行が続いていると仮定しています。データ行の最初の行がチャンネルラベルであれば、それも読み込むことができます。CSV ファイルは通常この形式です。

チャンネルブロック化形式は、各チャンネルの全サンプルデータがひとつのブロックとなっており、そのようなデータブロックがファイル中に順に書かれている形式です。チャンネルブロック化形式もヘッダー行を持つことができ、更にデータブロックがチャンネルヘッダーを持つことができます。建築研究所の AC ファイルは米国の主要な強震データファイルはこの形式です。

**ViewWave** は、形式不明のファイルをデータファイルとして指定した場合、読む方法を尋ねるダイアログボックスを表示します。例えば CSV ファイルを読む場合、以下のパラメータを正しく指定する必要があります。



図 60 読み込みパラメータ設定ダイアログボックス(CSV ファイルの場合)

- **データ形式:** データ形式を選択します。CSV ファイルの場合は“**行列形式**”に固定されます。
- **チャンネル数:** 読み込むチャンネル数です。最初の列を無視する場合はそれを除きます。
- **データ数:** 読み込むデータ(サンプル)数です。最初の行がラベルの場合はそれを除きます。
- **サンプル振動数:** サンプル振動数です。

- **cm/s/s への変換係数:** 単位を cm/s/s に変換するための乗数です。
- **ファイルヘッダーの行数:** 読み飛ばすヘッダー行数です。データ行の最初の行がラベルの場合はそれを除きます。
- **最初の列を無視:** チェックすると、各データ行の最初のデータを読み飛ばします。最初のデータが時刻の場合、チェックします。
- **最初の行はチャンネルラベル:** *ViewWave* チェックすると、データ行の最初の行からラベルを取得します。

他の ASCII テキストファイルの場合、[データ形式]として、“行列形式”か“チャンネルブロック形式”を選びます。もし“チャンネルブロック形式”が選択された場合、他のいくつかのパラメータを設定する必要があります。



図 61 読み込みパラメータ設定ダイアログボックス(テキストファイルの場合)

- **チャンネルヘッダー行数:** 各チャンネルブロックの先頭にあるチャンネルヘッダーの行数です。
- **詳細を指定:** 更に以下のパラメータの設定を可能とします。固定長の書式を想定していません。
  - **最初のデータ列の位置:** 各行のデータが始まる位置(桁)を指定します。
  - **列の幅:** ひとつのデータが占める桁数です。
  - **1行に含まれる列数:** 1行に含まれる列数(データ数)です。

## 5. 解析手法

この章では、*ViewWave* がどのように強震記録を処理しているかを簡単に説明します。また、原理や法則はここでは説明していません。世の中には優れた参考書がたくさんありますので、そちらをご参照ください。

この章で用いている変数名は統一されていません。例えば、加速度、速度、変位の時刻歴は通常、 $a(t)$ 、 $v(t)$ 及び $d(t)$ ですが、応答を表す場合は $\ddot{x}(t)$ 、 $\dot{x}(t)$ 及び $x(t)$ になったりします。 $T$ が継続時間を表したり、周期を表したりしています。また、振動数 $f$ と円振動数 $\omega$ が混在しています。すべて統一するのはとても困難なのでご容赦ください。

### 5.1. フーリエ変換

*ViewWave* はフーリエ変換と逆フーリエ変換を多用します。時間 $t$ の関数 $a(t)$ は、式(2)によって振動数 $f$ の関数 $A(f)$ に変換できます<sup>1),2)</sup>。逆に $A(f)$ はEq. (3)によって $a(t)$ に変換できます。式(2)と(3)はフーリエ変換及び逆フーリエ変換と呼ばれています。

$$A(f) = \int_{-\infty}^{\infty} a(t)e^{-i2\pi ft} dt \quad (2)$$

$$a(t) = \int_{-\infty}^{\infty} A(f)e^{i2\pi ft} df \quad (3)$$

有限な離散値で与えられたデータの場合、フーリエ変換は以下のようになります。

$$A_k = \frac{1}{N} \sum_{j=0}^{N-1} a_j e^{-i\left(\frac{2\pi}{N}\right)kj}, \quad (k = 0, 1, \dots, N-1) \quad (4)$$

$$a_j = \sum_{k=0}^{N-1} A_k e^{i\left(\frac{2\pi}{N}\right)kj}, \quad (j = 0, 1, \dots, N-1) \quad (5)$$

式(4)に基づき、*ViewWave* は以下の手順でフーリエ変換を行います。

- 1) データ個数 $N$ を元のデータ個数 $N_0$ 以上で2のべき乗となるよう設定します。
- 2) 必要なら $a_{N_0}$ から $a_{N-1}$ にゼロを代入します。
- 3) 高速フーリエ変換(FFT)<sup>3)</sup>を行います。

### 5.2. 1自由度系(SDOF)の地震応答

いくつかの解析では、図 62 に示すような1自由度系(SDOF)の地震応答を計算します。SDOFの運動方程式は式(6)で表されます。また、運動方程式は固有円振動数 $\omega_0$ と減衰定数 $h$ を用いて式(7)とも表されます。

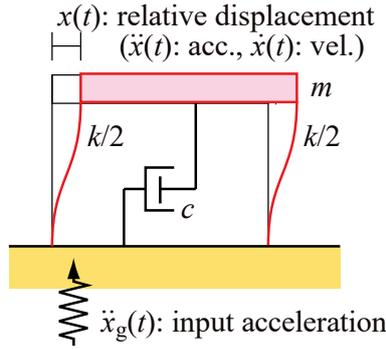


図 62 1 自由度(SDOF)系

$$m\ddot{x}(t) + c\dot{x}(t) + kx(t) = -m\ddot{x}_g(t) \quad (6)$$

$$\ddot{x}(t) + 2h\omega_0\dot{x}(t) + \omega_0^2x(t) = -\ddot{x}_g(t) \quad (7)$$

ここで  $m$  は質量,  $k$  は剛性,  $c$  は減衰係数,  $\omega_0 = \sqrt{k/m}$  は固有円振動数,  $h = c/(2m\omega_0)$  は減衰定数です。また,  $\ddot{x}(t)$ ,  $\dot{x}(t)$  及び  $x(t)$  は応答加速度, 応答速度及び応答変位の時刻歴です。 $\ddot{x}_g(t)$  は入力(地動)加速度です。

SDOF の  $\ddot{x}_g(t)$  に対する各応答は以下の式で表されます。

$$x(t) = -\frac{1}{\omega_d} \int_0^t \ddot{x}_g(\tau) e^{-h\omega_0(t-\tau)} \sin \omega_d(t-\tau) d\tau \quad (8)$$

$$\dot{x}(t) = -\int_0^t \ddot{x}_g(\tau) e^{-h\omega_0(t-\tau)} \left[ \cos \omega_d(t-\tau) - \frac{h}{\sqrt{1-h^2}} \sin \omega_d(t-\tau) \right] d\tau \quad (9)$$

$$\begin{aligned} \ddot{x}(t) + \ddot{x}_g(t) &= \omega_d \int_0^t \ddot{x}_g(\tau) e^{-h\omega_0(t-\tau)} \left[ \left( 1 - \frac{h^2}{1-h^2} \right) \sin \omega_d(t-\tau) \right. \\ &\quad \left. - \frac{2h}{\sqrt{1-h^2}} \cos \omega_d(t-\tau) \right] d\tau \end{aligned} \quad (10)$$

ここで  $\omega_d$  は減衰円振動数 ( $\omega_d = \sqrt{1-h^2}\omega_0$ ) です。

**ViewWave** は SDOF 系の応答を,  $\dot{x}(0) = 0$  及び  $x(0) = 0$  と仮定して, Nigam and Jennings の方法<sup>4)</sup> で計算しています。

### 5.3. 気象庁震度

気象庁の震度の定義は以下の通りです<sup>5)</sup>。

$$I_{\text{JMA}} = 2 \log a_0 + 0.94 \quad (11)$$

ここで  $I_{\text{JMA}}$  は震度,  $a_0$  は下式を満足する  $a$  の最大値です。

$$\int_0^{T_d} w(t, a) dt \geq 0.3 \quad (12)$$

ここで  $T_d$  は加速度記録の継続時間です。 $w(t, a)$  は  $v(t) < a_0$  の時  $w(t, a) = 0$ ,  $v(t) \geq a_0$  の時  $w(t, a) = 1$  となる関数です。 $v(t)$  は下式で与えられる加速度のベクトル合成値です。

$$v(t) = \sqrt{a'_X{}^2(t) + a'_Y{}^2(t) + a'_Z{}^2(t)} \quad (13)$$

ここで $a'_X{}^2(t)$ 、 $a'_Y{}^2(t)$ 及び $a'_Z{}^2(t)$ はフィルター処理した N-S, E-W 及び U-D の 3 成分の地動加速度です。式(14)から(16)に示す 3 種類のフィルターが FFT を使って適用されます。

$$W_T(f) = (1/f)^{1/2} \quad (14)$$

$$W_L(f) = (1 - e^{-(f/f_L)^3})^{1/2} \quad (15)$$

$$W_H(f) = (1 + 0.694y^2 + 0.241y^4 + 0.0557y^6 + 0.009664y^8 + 0.00134y^{10} + 0.000155y^{12})^{-1/2}, \quad y = \frac{f}{f_H} \quad (16)$$

$$A'_j(f) = A_j(f)W_T(f)W_L(f)W_H(f), \quad (j = X, Y, \text{and } Z) \quad (17)$$

ここで $W_T(f)$ 、 $W_L(f)$ 及び $W_H(f)$ は 3 種類のフィルターの重み関数です。

$W_T(f)$ は体感を考慮して低振動数成分を強調します。 $W_L(f)$ と $W_H(f)$ ローカット及びハイカットフィルターです。 $f_L$ と $f_H$ はそれぞれの遮断振動数です。震度の計算では、 $f_L = 0.5\text{Hz}$ と $f_H = 10\text{Hz}$ を用います。3 種類のフィルターと掛け合わせた総合特性を図 63 に示します。

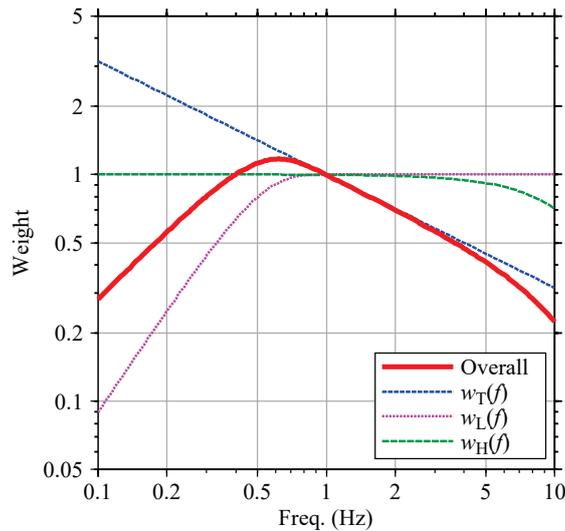


図 63 震度計算用フィルターの特性

上記の気象庁震度の定義に従い、**ViewWave** は強震データの 40 秒ごとに以下の手順を適用し、最大の値を震度として採用します。

- 1)  $a_X(t)$ 、 $a_Y(t)$ 、 $a_Z(t)$ を FFT を使って $A_X(f)$ 、 $A_Y(f)$ 、 $A_Z(f)$ にフーリエ変換。
- 2)  $W_T(f)$ 、 $W_L(f)$ 及び $W_H(f)$ を、式(17)によって $A_j(f)$ に適用。
- 3)  $A'_X(f)$ 、 $A'_Y(f)$ 、 $A'_Z(f)$ から逆 FFT によって時刻歴 $a'_X(t)$ 、 $a'_Y(t)$ 、 $a'_Z(t)$ を算出。
- 4) ベクトル合成値 $v(t)$ を式(13)により算出。
- 5) 二分法により式(12)を満たす $a$ の最大値 $a_0$ を算出。
- 6) 震度を式(11)によって計算。

気象庁震度の算出にはひとつのセンサーの 3 成分の加速度データが必要です。**ViewWave** は連続する 3 つのチャンネルのデータをその 3 成分とみなして震度を算出します。この仮定が成り立たな

い場合は、震度の値は無意味です。また、チャンネルの数が 3 未満のときは震度の計算は行いません。

#### 5.4. 積分

*ViewWave* は基本的に加速度データを扱います。よって速度や変位は加速度データを積分して求めます。*ViewWave* はいくつかの積分方法を用意しています。

##### 5.4.1. FFT (振動数領域)

振動数領域での積分は、フーリエ変換を用いて以下のように表現されます。

$$V(f) = \frac{A(f)}{i2\pi f} \quad (18)$$

$$D(f) = -\frac{A(f)}{(2\pi f)^2} \quad (19)$$

ここで $V(f)$ 、 $D(f)$ 及び $A(f)$ は速度 $v(t)$ 、変位 $d(t)$ 及び加速度 $a(t)$ のフーリエ変換です。 $i$  はきょう数単位( $i = \sqrt{-1}$ )です。

この方法は、低振動数領域のノイズの拡大によるドリフトを減らすために、ローカットフィルターと併用します。積分の手順は以下の通りです。

- 1) 加速度時刻歴 $a(t)$ を FFT によってフーリエ変換し $A(f)$ を得る。
- 2)  $A(f)$ を振動数領域で式(18)及び式(19)によって積分。
- 3) ローカットフィルターを適用( $V'(f) = W_L(f)V(f)$ 、 $D'(f) = W_L(f)D(f)$ 、ここで $W_L(f)$ はローカットフィルター)
- 4) 速度 $v(t)$ と変位 $d(t)$ を $V'(f)$ と $D'(f)$ から逆 FFT によって算出。

ローカットフィルターは式(15)を流用しています。遮断振動数 $f_L$ は変更することができます。

##### 5.4.2. 地震計シミュレーション

単純な地震計は図 62 に示すような 1 自由度系の応用です。固有振動数と減衰定数を適切に設定すれば、質点の動きは地動加速度、地動速度、あるいは地動変位を表すことができます。振動数領域では、応答変位 $X(\omega)$ の地動加速度 $\ddot{X}_g(\omega)$ 、地動速度 $\dot{X}_g(\omega)$ 、及び地動変位 $X_g(\omega)$ に対する比は式(20)から式(22)のようになります。

$$\frac{X(\omega)}{\ddot{X}_g(\omega)} = -\frac{1}{\omega_0^2 - \omega^2 + 2ih\omega_0\omega} \quad (20)$$

$$\frac{X(\omega)}{\dot{X}_g(\omega)} = -\frac{i\omega}{\omega_0^2 - \omega^2 + 2ih\omega_0\omega} \quad (21)$$

$$\frac{X(\omega)}{X_g(\omega)} = \frac{\omega^2}{\omega_0^2 - \omega^2 + 2ih\omega_0\omega} \quad (22)$$

ここで $\omega_0$ と  $h$  は系の固有振動数と減衰定数です。 $\omega_0 = 2\pi f_0 = 1.0$ の時の式(21)と式(22)の特性は図 64 のようになります。例えば、 $X(\omega)/\dot{X}_g(\omega)$ のグラフの $h = 5$ の線を見ると、中ほどの振動数領域で平坦な部分が確認できます。この振動数領域ではこの系は速度計として機能します。変位応答 $x(t)$ は地動速度 $\dot{x}_g(t)$ を表します。同様に、 $X(\omega)/X_g(\omega)$ のグラフによれば、減衰定数が 0.7 位の

系は高い振動数領域で変位計として働きます。

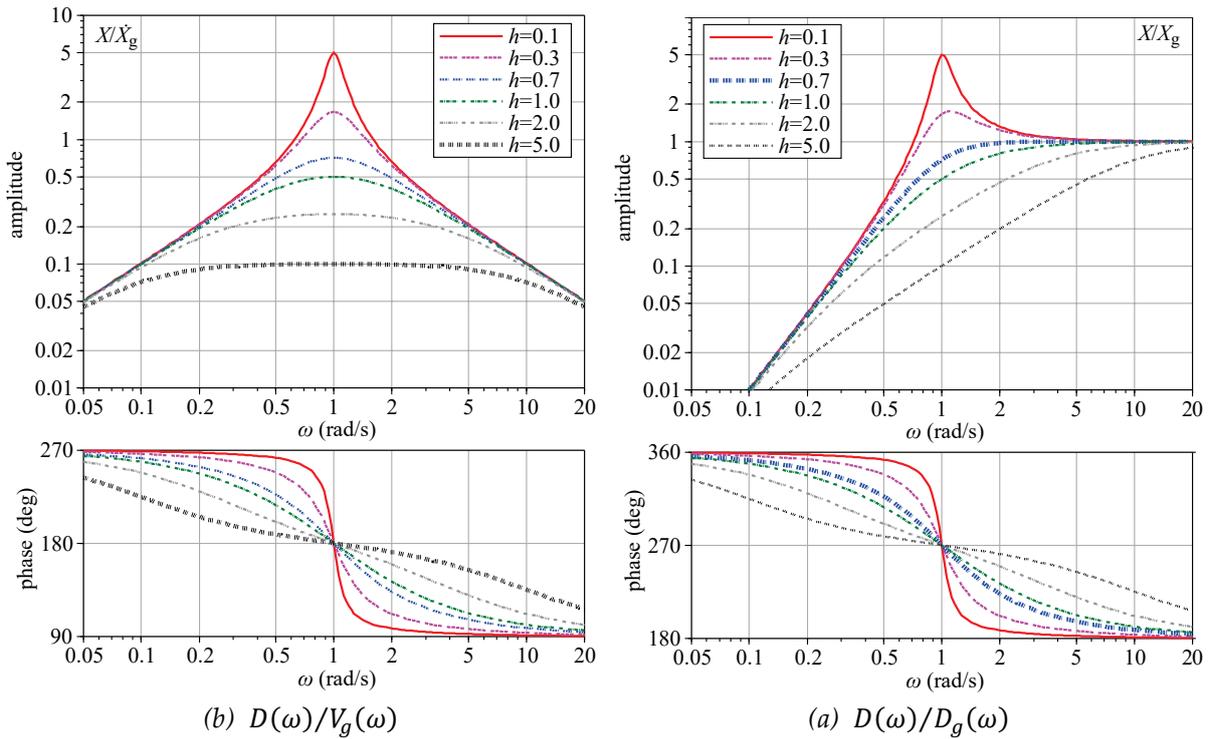


図 64 SDOF 系の振動数特性( $\omega_0 = 2\pi f_0 = 1.0$ )

地震計シミュレーションを積分方法として使うには、速度計及び変位計用の固有振動数と減衰定数を指定する必要があります。**ViewWave** は以下の手順で SDOF 系の地震応答を Nigam and Jennings の方法を用いて計算します。

- 1) 速度計用の固有振動数 $f_V$ 及び減衰定数 $h_V$ を有する系の応答変位 $x_V(t)$ を算出 $f_V$ と $h_V$ の初期値は 1.0 Hz と 4.0。
- 2) 地動速度 $\dot{x}_g(t)$ を応答変位 $x_V(t)$ から換算。 $\dot{x}_g(t) = -4\pi f_V h_V x_V(t)$
- 3) 変位計用の固有振動数 $f_D$ 及び減衰定数 $h_D$ を有する系の応答変位 $x_D(t)$ を算出 $f_D$ と $h_D$ の初期値は 0.1 Hz と 0.4071。
- 4) 地動変位 $x_g(t)$ を応答変位 $x_V(t)$ から換算。 $x_g(t) = -x_D(t)$

### 5.4.3. 台形則

時間領域での積分は下式で表されます。

$$v(t) = \int_{-\infty}^t a(\tau) d\tau \quad (23)$$

ここで $v(t)$ と $a(t)$ は速度と加速度の時刻歴です。

等間隔でサンプルされた加速度データでは、 $k$  ステップの加速度( $v_k$ )は、台形則を使って以下のよう近似できます。

$$v_k = v_{k-1} + \frac{(a_{k-1} + a_k)}{2} \Delta t \quad (24)$$

ここで $v_{k-1}$ と $v_k$ は $(k-1)$ ステップと $k$ ステップの速度値,  $a_{k-1}$ と $a_k$ は $(k-1)$ ステップと $k$ ステップの加速度値,  $\Delta t$ はサンプル時間間隔です。

式(23)による積分はドリフトしますので, 通常基線補正やローカットフィルターが併用されます。**ViewWave** の台形則を用いた積分方法は以下の通りです。

- 1) 加速度を台形則により積分 ( $a(t) \rightarrow v(t)$ ,  $v(0) = 0$ ).
- 2) 速度の基線を線形回帰のよって補正 ( $v(t) \rightarrow v'(t)$ ).
- 3) 速度を台形則により積分( $v'(t) \rightarrow d(t)$ ,  $d(0) = 0$ ).

**ViewWave** は $v'(t)$ と $d(t)$ を積分結果として保持します。これでも変位はドリフトしますので, 注意が必要です。将来の改良を考えています。

## 5.5. Husid プロット

Husid プロット<sup>6)</sup>は, 最大値で正規化した Arias 強度の時刻歴です。Arias 強度は下式で定義されます<sup>7)</sup>。

$$I_A = \frac{\pi}{2g} \int_0^T a^2(t) dt \quad (25)$$

ここで $I_A$ は Arias 強度,  $T$ は継続時間です。

よって Husid は下式で与えられます。

$$H(t) = \frac{\int_0^t a^2(\tau) d\tau}{\int_0^T a^2(\tau) d\tau} \quad (26)$$

**ViewWave** は Husid プロットを以下のように算出しています。

$$h_k = \frac{\sum_{j=0}^k a_j^2}{\sum_{j=0}^{N-1} a_j^2} \quad (27)$$

ここで $h_k$ は $k$ ステップの Husid プロット値,  $a_j$ は $j$ ステップの加速度値,  $N$ は加速度データのステップ数です。

## 5.6. フーリエ解析

### 5.6.1. フーリエ及びパワースペクトル

パワースペクトルは下式で定義されます。

$$P(f) = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} A(f) A^*(f) \quad (28)$$

パワースペクトルの時間平均を推定するため, **ViewWave** スペクトルウィンドウを用います。スペクトルウィンドウはスペクトルを平滑化する効果があります。

**ViewWave** は, 加速度データ $a(t)$ から平滑化されたフーリエスペクトル $\hat{F}(f)$ とパワースペクトル $\hat{P}(f)$ を, 以下の手順で算出し, スペクトル解析の結果として表示します。

- 1) 加速度時刻歴 $a(t)$ のフーリエ変換 $A(f)$ を FFT で求める。

- 2) 生のパワースペクトル $P(f)$ を式(29)から求める。ここで $A^*(f)$ は $A(f)$ の複素共役,  $T$ は継続時間。
- 3) 平滑化パワースペクトル $\hat{P}(f)$ を式(30)から求める。ここで,  $W(f)$ は式(31)で表される Parzen 窓関数。
- 4) 平滑化フーリエスペクトル $\hat{F}(f)$ を式(32)から求める。

$$P(f) = \frac{1}{T} A(f) A^*(f) \quad (29)$$

$$\hat{P}(f) = \int_{-\infty}^{\infty} P(f - \phi) W(\phi) d\phi \quad (30)$$

$$W(f) = \frac{3}{4} u \left( \frac{\sin \frac{\pi u f}{2}}{\frac{\pi u f}{2}} \right)^4 \quad (31)$$

$$\hat{F}(f) = \sqrt{\hat{P}(f) T} \quad (32)$$

### 5.6.2. 自己相関係数

自己相関関数とパワースペクトルにはフーリエ変換を介して下式の関係がある。**ViewWave** は自己相関関数をパワースペクトルから逆フーリエ変換して求めている。

$$C(\tau) = \int_{-\infty}^{\infty} \hat{P}(f) e^{i2\pi f \tau} df \quad (33)$$

ここで $C(\tau)$ は自己相関関数,  $\hat{P}(f)$ はパワースペクトル,  $\tau$ は時間遅れである。

**ViewWave** は自己相関関数を $C(0)$ で正規化した自己相関係数 $R(\tau)$ を描画します。

$$R(\tau) = \frac{C(\tau)}{C(0)} \quad (34)$$

### 5.7. 応答スペクトル

応答スペクトルは, 1 自由度系(図 62 参照)の固有周期 $T(= 2\pi/\omega_0)$ と減衰定数 $h$ の関数として, 応答の最大値を採り, 式(35)から式(37)のように定義されます。ある減衰定数を持つ系の $S_d(T, h)$ ,  $S_v(T, h)$ 及び $S_a(T, h)$ を固有周期 $T$ に対してプロットしたものが加速度応答スペクトル, 速度応答スペクトル, 変位応答スペクトルです。

$$S_d(T, h) = |x(t)|_{max} \quad (35)$$

$$S_v(T, h) = |\dot{x}(t)|_{max} \quad (36)$$

$$S_a(T, h) = |\ddot{x}(t) + \ddot{x}_g(t)|_{max} \quad (37)$$

加速度応答スペクトル, 速度応答スペクトル及び変位応答スペクトルの間には式(38)から式(40)の関係があります。三軸表示は, この関係を利用して, ひとつのグラフで3つの応答スペクトルの値を読み取ることが可能にします。**ViewWave** の三軸表示では, 式(40)の関係をを用い,  $S_a$ から換算し

た  ${}_pS_v$  を採用しています。

$$S_d(T, h) \approx \frac{T}{2\pi} S_v(T, h) \quad (38)$$

$$S_a(T, h) \approx \frac{2\pi}{T} S_v(T, h) \quad (39)$$

$${}_pS_v(T, h) = \frac{T}{2\pi} S_a(T, h) \quad (40)$$

## 5.8. エネルギースペクトル

SDOF 系のエネルギーの釣り合いは下式で表されます<sup>8)</sup>。

$$\int_0^{T_d} m\ddot{x}(t)\dot{x}(t)dt + \int_0^{T_d} c\dot{x}^2(t)dt + \int_0^{T_d} kx(t)\dot{x}(t)dt = - \int_0^{T_d} m\ddot{x}_g(t)\dot{x}(t)dt \quad (41)$$

ここで  $m$ ,  $c$  と  $k$  は質量, 減衰係数及び剛性,  $T_d$  は継続時間です。また,  $\ddot{x}(t)$ ,  $\dot{x}(t)$  及び  $x(t)$  は加速度, 速度及び変位応答,  $\ddot{x}_g(t)$  は入力地震動です。式の左辺は系で消費されるエネルギー, 右辺は系にするエネルギーとなります。すなわち, 系への総入力エネルギー  $E$  は以下の定義となります。

$$E = - \int_0^T m\ddot{x}_g(t)\dot{x}(t)dt \quad (42)$$

等価速度  $V_E$  で表記すると下式で表現されます。

$$V_E = \sqrt{\frac{2E}{m}} = \sqrt{-2 \int_0^T \ddot{x}_g(t)\dot{x}(t)dt} \quad (43)$$

$V_E$  は SDOF 系の特性で変わってきますので, 系の固有周期  $T$  と減衰定数  $h$  の関数となります。

## 5.9. 相関解析

しばしば強震データのふたつのチャンネルを比較したい時があります。ふたつの時刻歴データの関連性を検討する方法はいくつかあります。

### 5.9.1. クロススペクトルとフーリエスペクトル比

クロススペクトルは, ふたつの時刻歴データ  $x(t)$  と  $y(t)$  のフーリエ変換  $F_X(f)$  と  $F_Y(f)$  から以下のように定義されます。

$$P_{XY}(f) = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} F_X^*(f) F_Y(f) \quad (44)$$

パワースペクトルの算出と同様の手順で, スペクトルウィンドウを適用してクロススペクトルを推定します。

$$P_{XY}(f) = \frac{1}{T} F_X^*(f) F_Y(f) \quad (45)$$

$$Re[\hat{P}_{XY}(f)] = \int_{-\infty}^{\infty} Re[P_{XY}(f - \phi)] W(\phi) d\phi \quad (46)$$

$$Im[\hat{P}_{XY}(f)] = \int_{-\infty}^{\infty} Im[P_{XY}(f - \phi)]W(\phi)d\phi$$

ここで $P_{XY}(f)$ は生のクロススペクトル,  $F_X(f)$ と $F_Y(f)$ は,  $x(t)$ と $y(t)$ のフーリエ変換,  $\hat{P}_{XY}(f)$ は平滑化したクロススペクトル,  $W(f)$ はスペクトルウィンドウです。

*ViewWave* がクロススペクトルとフーリエスペクトル比を算出する手順は以下の通りです。

- 1) 生のクロススペクトル $P_{XY}(f)$ を $F_X(f)$ と $F_Y(f)$ から算出(式(45)).
- 2)  $P_{XY}(f)$ を Parzen 窓によって平滑化(式(46)).
- 3) フーリエスペクトル比の振幅 $|\hat{H}_{XY}(f)|$ と位相 $\hat{\theta}_{XY}(f)$ をクロススペクトル $\hat{P}_{XY}(f)$ から算出(式(47)及び式(48)).

$$|\hat{H}_{XY}(f)| = \sqrt{\frac{\hat{P}_{YY}(f)}{\hat{P}_{XX}(f)}} \quad (47)$$

$$\hat{\theta}_{XY}(f) = arg[\hat{H}_{XY}(f)] = \tan^{-1} \left\{ -\frac{Im[\hat{P}_{XY}(f)]}{Re[\hat{P}_{XY}(f)]} \right\}, \quad -\pi < \theta_{XY}(f) \leq \pi \quad (48)$$

### 5.9.2. コヒーレンス

コヒーレンスは, ふたつの時刻歴データのパワースペクトルとクロススペクトルから下式で算出しています。

$$Coh_{XY}(f) = \frac{|\hat{P}_{XY}(f)|}{\sqrt{\hat{P}_X(f)\hat{P}_Y(f)}} \quad (49)$$

ここで $Coh_{XY}(f)$ はコヒーレンス,  $\hat{P}_X(f)$ 及び $\hat{P}_Y(f)$ は $x(t)$ 及び $y(t)$ のパワースペクトル。

### 5.9.3. 相互相関係数

相互相関係数は, 正規化した相互相関関数です。自己相関関数の時のように, 相互相関関数はクロススペクトルを逆フーリエ変換して求めています。

$$C_{XY}(\tau) = \int_{-\infty}^{\infty} \hat{P}_{XY}(f)e^{i2\pi f\tau}df \quad (50)$$

$$R_{XY}(\tau) = \frac{C_{XY}(\tau)}{C_{XY}(0)} \quad (51)$$

ここで $C_{XY}(\tau)$ は相互相関関数,  $R_{XY}(\tau)$ は相互相関係数です。

### 5.9.4. 応答スペクトル比

応答スペクトル比は単純に, ふたつの加速度データの応答スペクトルの比をとったものです。*ViewWave* は応答スペクトル比を計算するのに, 加速度応答スペクトルを使います。

$$R_{SXY}(T, h) = \frac{S_{aY}(T, h)}{S_{aX}(T, h)} \quad (52)$$

ここで,  $R_{SXY}(T, h)$ は応答スペクトル比,  $S_{aX}(T, h)$ と $S_{aY}(T, h)$ は $x(t)$ と $y(t)$ の加速度応答スペクトルです。

## 5.10. 記録の前処理

### 5.10.1. バンドパスフィルター

バンドパスフィルターが適用されるならば、強震記録はまず FFT 変換され、振動数領域でフィルター処理され、その後逆 FFT 変換で加速度波形に戻されます。フィルターは実数の特性を持ち、位相に影響しません。バンドパスフィルターは式(53)に示すように低域遮断フィルターと高域遮断フィルターの積です。低域遮断フィルターと高域遮断フィルターは式(54)及び式(55)に示すように、Butterworth フィルターの振幅特性を流用しています。

$$G_B(f) = G_L(f)G_H(f) \quad (53)$$

$$G_L(f) = \sqrt{\frac{(f/f_L)^{2n}}{1 + (f/f_L)^{2n}}} \quad (54)$$

$$G_H(f) = \sqrt{\frac{1}{1 + (f/f_H)^{2n}}} \quad (55)$$

ここで $G_L(f)$ 及び $G_H(f)$ は低域遮断フィルターと高域遮断フィルターで、 $f_L$ と $f_H$ はそれぞれの遮断振動数、 $n$ はフィルター次数です。

フィルターの形状は遮断振動数( $f_L$ ,  $f_H$ )とフィルターの次数  $n$  で決まります。次数としてゼロを指定すると、**ViewWave** は Butterworth フィルターの代わりに、式(15)及び(16)で示されたフィルター(気象庁震度算出用フィルター)を用います。フィルターの振幅特性を図 65 に示します。

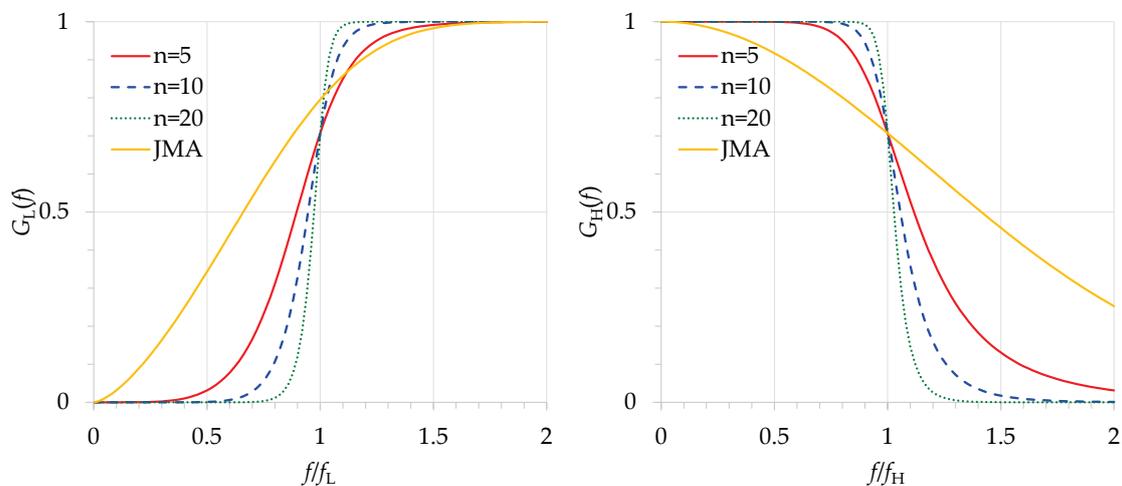


図 65 低域遮断フィルター(左)と高域遮断フィルター(右)の振幅特性

### 5.10.2. 波形の水平面内で回転

建物内に設置されている強震計は、通常建物軸に合わせて設置されるため、設置方位は東西南北と異なります。そのため、東西南北方向の動きを検討する場合、強震記録を水平面内で回転する必要があります。**ViewWave** は、観測強震記録を読み込んだ後、最初のチャンネルと 2 番目のチャンネルが直交する水平成分だと仮定して、強震記録を回転することができます。強震記録の回転は、下式の座標変換で行います。

$$x_{new}(t) = \cos \theta x_{org}(t) - \sin \theta y_{org}(t) \quad (56)$$

$$y_{new}(t) = \sin \theta x_{org}(t) + \cos \theta y_{org}(t)$$

ここで $x_{org}(t)$ と $y_{org}(t)$ は元の記録の直交する水平成分,  $x_{new}(t)$ と $y_{new}(t)$ は変換後の直交する水平成分, そして $\theta$ は回転角度(時計回り)です。

例えば図 66 に示すように, N063°E と N153°E 方向を有する強震記録を 63 度回転した場合, N000°E 及び N090°E 方向の強震記録が得られます。

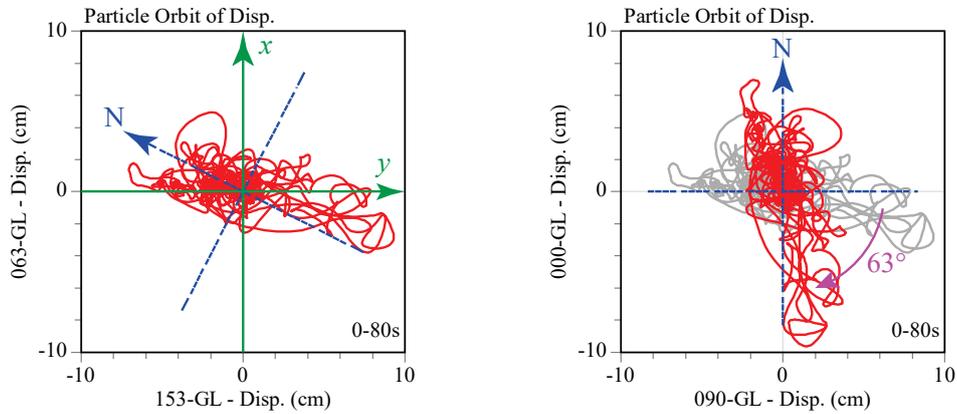


図 66 強震記録の水平面内での回転

## 6. 参考文献

以下に、代表的な参考文献と参照サイトを記します。

### 6.1. 解析

- 1) 日野幹雄: スペクトル解析, 朝倉書店, 1977 年
- 2) 大崎順彦: 建築構造学大系 24 振動理論, 彰国社, 1980 年
- 3) 奥村晴彦: C 言語による最新アルゴリズム事典, 技術評論社, 1991 年
- 4) Nigam, N. C. and P. C. Jennings: Calculation of Response Spectra from Strong-Motion Earthquake Records, Bulletin of the Seismological Society of America. Vol. 59, No. 2, pp. 909-922. April, 1969
- 5) 気象庁監修: 震度を知る, ぎょうせい, 1996 年
- 6) Husid, L. R. "Características de Terremotos, Análisis General." Revista del IDIEM 8, Santiago, Chile, 1969: 21-42.
- 7) Arias, A. "A Measure of Earthquake Intensity." Ed. R.J. Hansen. Seismic Design for Nuclear Power Plants. MIT Press, 1969: 438-483.
- 8) Akiyama, Hiroshi: Earthquake-Resistant Limit-State Design for Buildings, University of Tokyo Press, 1985

### 6.2. プログラミング

- 9) MSDN Library: <https://msdn.microsoft.com/library>
- 10) DOBON.NET プログラミング道: <http://dobon.net/vb/>
- 11) C# によるプログラミング入門 | ++C++ // 未確認飛行 C: <http://ufcpp.net/study/csharp/>
- 12) Stack Overflow: <http://stackoverflow.com/>
- 13) Code Project: <http://www.codeproject.com/>