

「AE 計測技術の基礎—その 3 (最終)」 波形解析と波形自動識別

中村 英之^{*1}
Nakamura Hideyuki

本稿は、56号と57号に掲載した「AE計測技術の基礎—その1および2」の続編として、波形解析パッケージソフト「VTR」および波形自動識別ソフト「Visual Class」の機能と基本操作を解説する。

キーワード：AE、AE計測、ラム波、データ解析、位置標定、Vallen

1. はじめに

前号(57号)では、「AE波伝播特性とデータ解析」をサブタイトルとし、アコースティック・エミッション(以下、AEと称す)計測で必要となる基礎的な知識として、データ採取時の詳細設定を説明した。また、AE波の特徴を説明したうえで、位置標定を含むAEデータ解析ソフト Visual AEの基本操作と基本的な解析手法について述べた。

本稿では、より高度な解析手法として、波形解析パッケージソフト「VTR」および波形自動識別ソフト「Visual Class」の機能紹介と基本操作を解説する。

2. 波形解析パッケージソフト「VTR」

2.1 VTRの概要

波形データを一般にTRデータ(Transit Recode data)と称するが、Vallen社の波形解析パッケージソフトがVisual TR(略してVTR)である。図1のVTRコントロールパネルには、VTRに含まれ

るソフトの起動ボタンが表示される。なお、特に赤丸で囲むソフトは、波形解析に重要なもので使用頻度も高いことから、その機能を紹介する。

(1) Feature Extractor (波形特徴抽出ソフト)

Feature Extractor(波形特徴抽出ソフト)には、波形をFFT解析したうえで重心周波数とピーク周波数を数値データとして抽出する機能、Visual Class(波形自動識別)で作成された波形自動識別ファイルに従い波形を自動的に識別する機能、および波形データからAEパラメータなどを再抽出する機能(Spectral Ratio Extractor)の三つの機能が含まれ、後処理のほかりアルタイムの処理も可能である。波形解析で最も使用頻度の高い Feature Extractorの詳細については2.2節で述べる。

(2) TR-Combi

TR-Combiは、波形データの中から波形一つ一つを識別番号を指定して選択し、選択した波形のみの波形データファイルを作成するソフトである。このソフトは、Visual Classでの波形パターン学習に用いる学習用波形データの作成などに使用し、ノイズ波形だけのファイルや、有意信号だ

*1: 検査事業部 部長 博士(工学) 日本非破壊検査協会理事

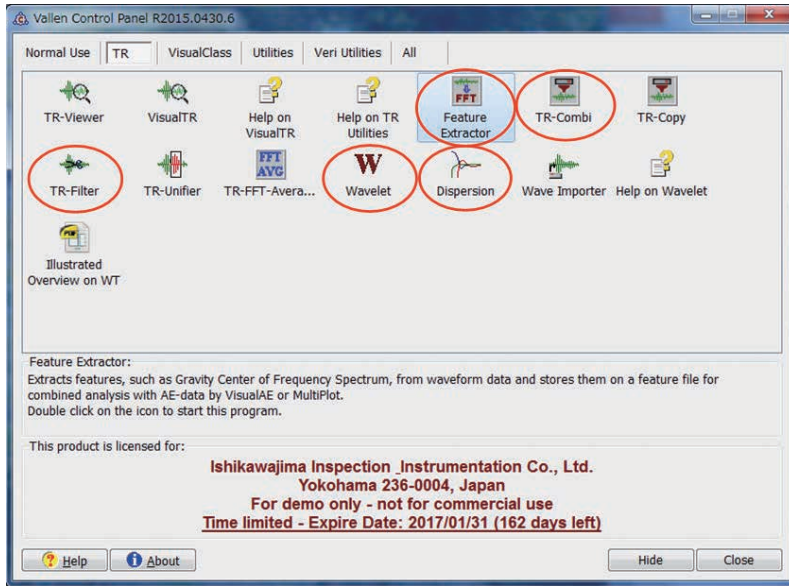


図1 波形解析ソフト VTR コントロールパネル

けのファイルの作成に有効である。

図2はTR-Combiの波形選択メニューである。左側に表示される元データの中から抽出したい波形を選択し「Copy」ボタンを押せば左側に示されるコラムに新たに作成する波形データファイルに追記され、選択完了後に「Start」ボタンを押せ

ば、選択した波形のみの波形データファイルが作成される。

(3) TR-Filter

TR-Filterは、計測された波形データに後処理で周波数フィルター処理を加えるソフトである。データ採取時に設定した周波数フィルターよりさ

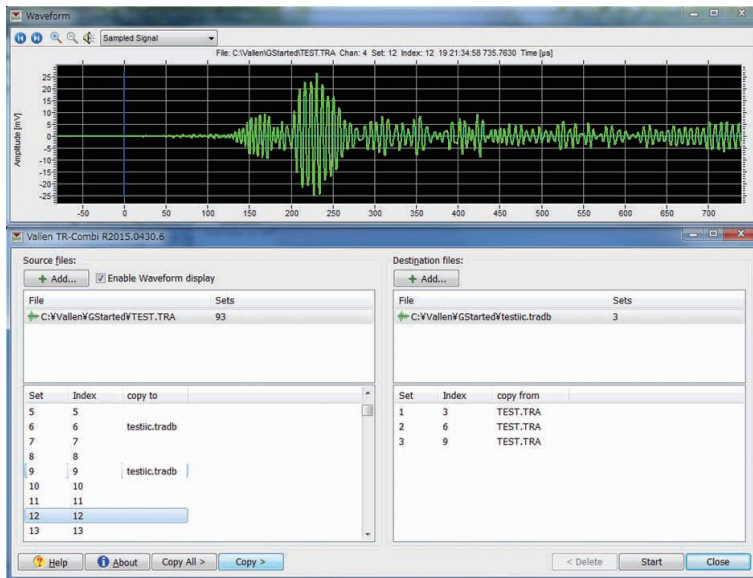


図2 TR-Combiの波形選択メニュー

らに帯域に狭めた条件で、フィルタリング処理を施した波形データファイルの作成に使用する。特定の周波数帯域に着目し、この帯域のみの波形を作成したうえで、重心周波数や AE パラメータを再抽出するときなどに使用する。図 3 に TR-Filter の設定メニューを示す。フィルター処理を施す波形ファイルを選択し、「Setup」を開き、「Digital Filters」の Type、周波数帯域、および Slope を決定後、「Start」ボタンを押すと、フィルタリング処理を施した波形ファイルが作成される。

(4) Wavelet

Wavelet は、波形を時間軸を有したまま周波数解析するための解析手法である。通常の FFT 周波数解析では解析結果として周波数に応じた強度分布が示されるが、この場合時間軸を失うことになる。Wavelet 解析では、図 4 に示すように時間軸は保持されるため一つの波形中において伝達時間に応じた周波数の強度変化を観察することができる。

なお、この解析ソフトは、日本の青山学院大学 (AGU) の協力により製作された経緯があることから「AGU-Vallen Wavelet」という名称が付く。

(5) Dispersion

Dispersion は、AE 計測で扱うことが最も多い板波 (ラム波) の音速を計算するためのソフトであり、その詳細は前号で述べたとおりである。

2.2 Feature Extractor 操作手順

図 1 のコントロールパネルで Feature Extractor を開くと、図 5 に示す設定メニューが開く。ここでは解析処理を施す波形データ名を選択する。Feature Extractor にチェックを入れると図 6 に示す詳細メニューが開き、ここで FFT 解析を施す範囲を指定する。なお、この作業は波形を構成する Sample 番号で開始と終了を指定することもできるが、Enable display にチェックを入れると図 6 上部に示す波形と FFT 解析データが表示され、

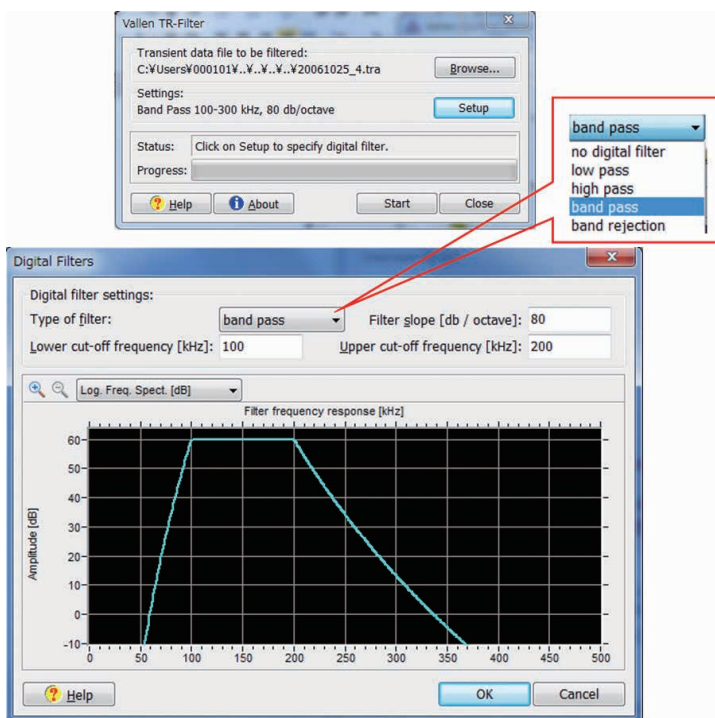


図 3 TR-Filter 設定メニュー

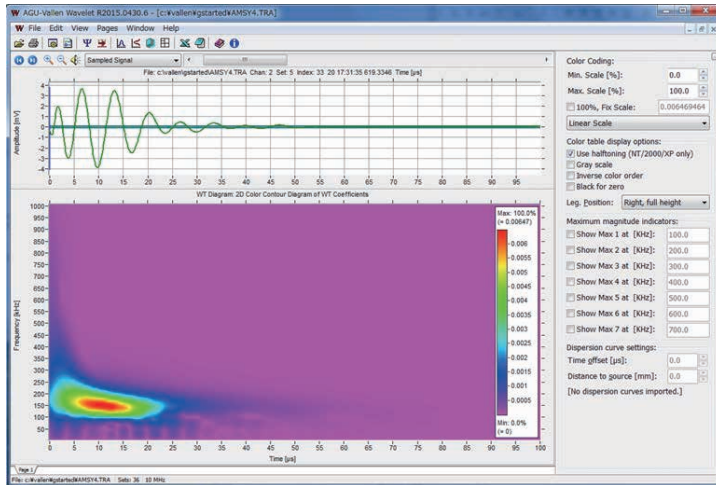


図 4 Wavelet 解析結果の一例

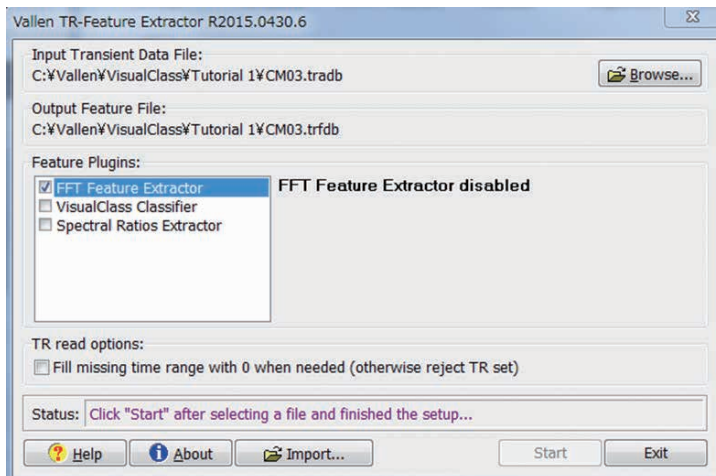


図 5 Feature Extractor 設定メニュー

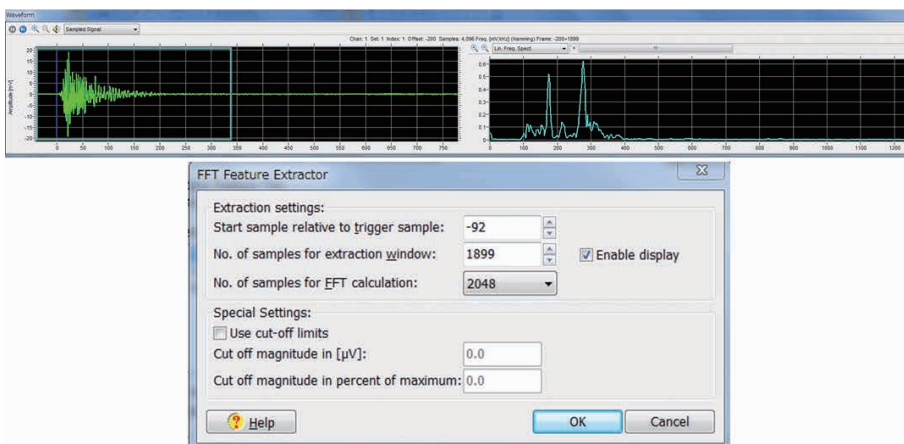


図 6 Feature Extractor 詳細設定メニュー

この表示を確認しながら視覚的に解析範囲を決定することも可能である。

FFT 解析範囲の設定を終え「OK」ボタンを押し、詳細設定メニューを閉じた後、図 5 の「Start」ボタンを押し、解析を実行する。なお、解析をリアルタイムで実施したい場合には、データ採取のスタート前後で Feature Extractor の「Start」ボタンを押すことにより、リアルタイムで重心周波数やピーク周波数を Visual AE の図表上で表示させることが可能となる。

また、Visual Class での処理や Spectral Ratio Extractor を併用したい場合には、図 5 に示すメニューでチェックを入れる。

3. 波形自動識別「Visual Class」

AE 計測において有意信号とノイズを識別することは、計測の信頼性を確保するうえで最も重要である。また計測対象物の破壊プロセスを監視するような場合には、波形の違いから材料中で生じる現象を推定するために、波形の違いに着目した

信号識別を必要とする場合がある。

しかしながら、解析者が数千、数万という信号の一つ一つを波形観察により識別することには時間的にも労力的にも限界がある。波形自動識別「Visual Class」は、あらかじめ選択した複数の学習データに基づき、データ間での波形の差異を自動抽出する。さらに未知の計測データに対し、どのデータに属する信号かを自動で識別するものである。

図 7 に Visual Class のコントロールパネルを示す。赤丸で囲む「Visual Class」は、学習データを用い識別条件を抽出し、識別用ファイル「Classifier」を作成するためのソフトである。なお、Visual Class による自動識別の実行については、パネル上に示される Feature Extractor で実施するが、これは 2 章で示した Visual TR のパネルで表示されるものと同じものである。

3.1 学習データ作成

波形の自動識別を設定するためには、まず初め

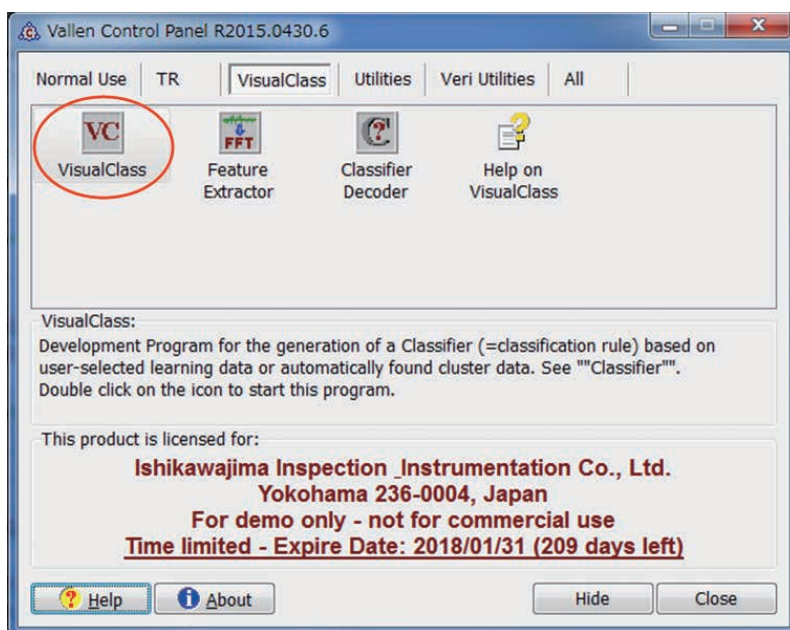


図 7 Visual Class のコントロールパネル

に識別したいデータごとの学習用データファイルを作成する。データの作成では、試験機の作動に起因するノイズ、試験片の破壊時の AE など実際の AE データの中含まれる波形を TR-Combi を用い抽出する方法と、ポリゴンプロセッサや AE パラメータ、発生時間などフィルタリング可能な指標を用いたフィルタリングで作成する方法がある。TR-Combi の操作手順は 2 章で述べたとおりであり、ここではフィルタリングによる学習ファイルの作成方法を説明する。

まず識別したい信号の特徴を見出す。特徴とし

ては振幅値やエネルギーなどの AE パラメータ、位置標定結果、時間や外部パラメータで示される試験機の作動状態などが挙げられ、これらの指標を条件としたフィルターを 図 8 の要領で作成する。

次に 図 9 に示すように「解析」メニューに含まれる「PRI-ファイルに出力する」を開き、あらかじめ作成したフィルターを指定し、TR-waveform data にチェックを入れ、「OK」ボタンを押して実行すると、フィルターを通過したデータのための波形ファイルが作成される。

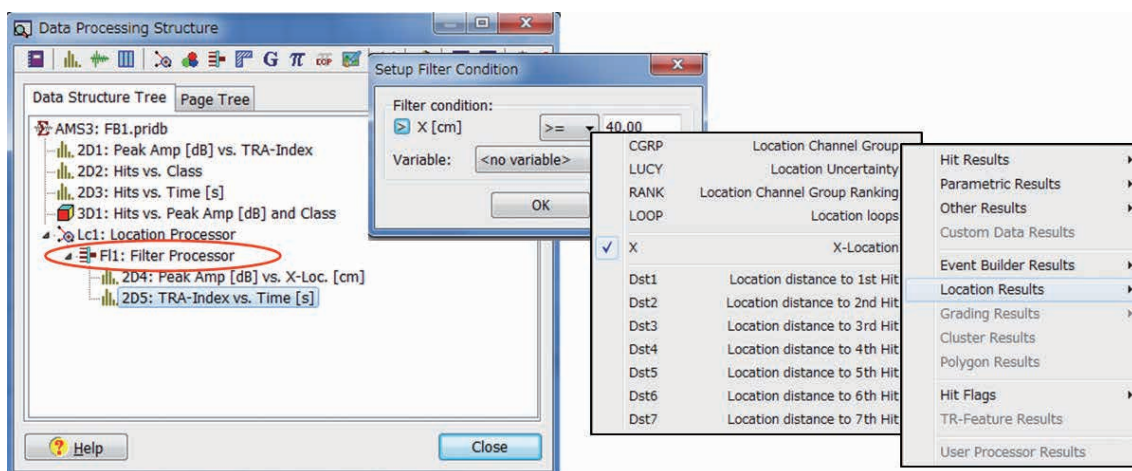


図 8 フィルターの作成

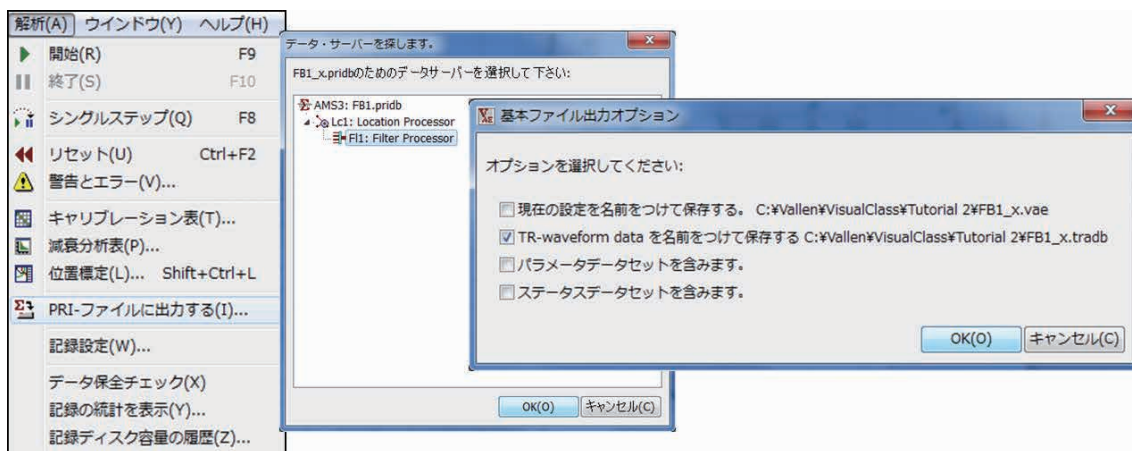


図 9 学習データファイルの作成

3.2 識別用ファイル「Classifier」の作成

(1) プロジェクトの立ち上げ

図 7 に示す Visual Class のアイコンを押し、図 10 に示す Classifier 作成メニューを開く。New Project を選択し、ファイル名を付け、「Open」ボタンを押すと、図 11 に示すメニューが開く。

次に「Add」ボタンを押し、あらかじめ作成してある学習用波形データを選択し開くことにより、

図 11 に示す Prototype class assignment に投入される。このときの投入されたデータは上からの順位で Class 番号が付与されるため、順位を変える場合には上下矢印ボタンにて位置を変更する。後に Visual AE 上で識別結果を表示される場合、この Class 番号 (CLS = 1、CLS = 2 等) で識別される。

図 11 の「Close」ボタンを押すと図 12 に示すメニューが立ち上がる。

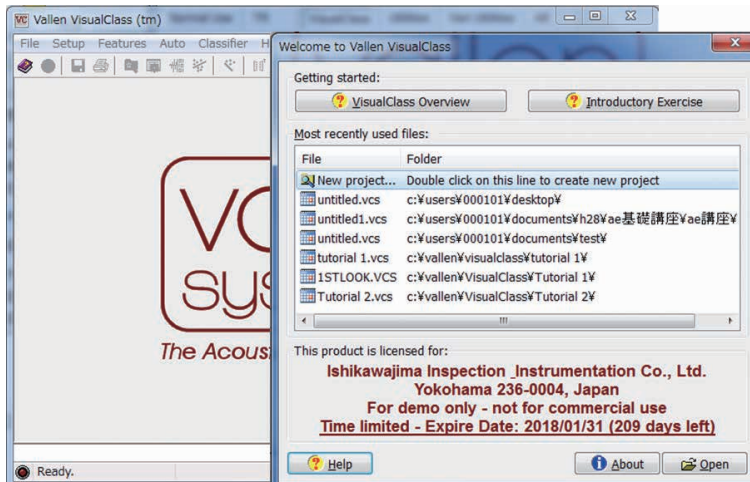


図 10 Visual Class を開く

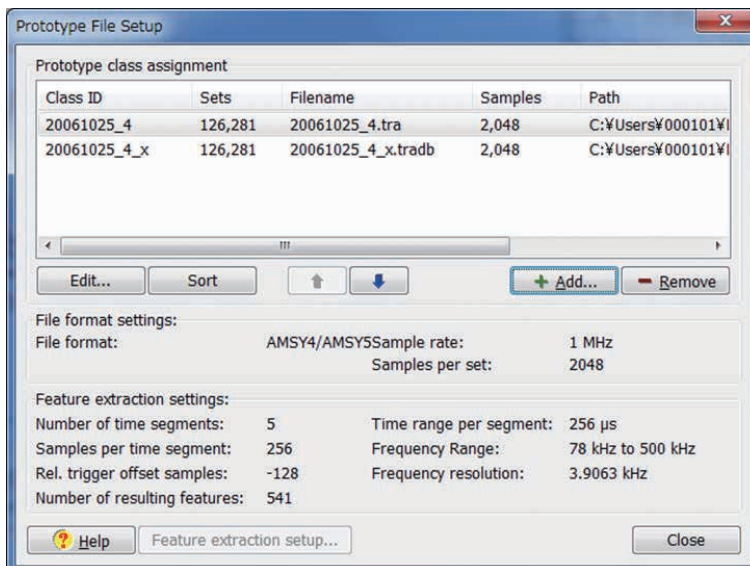


図 11 学習用波形ファイルの投入

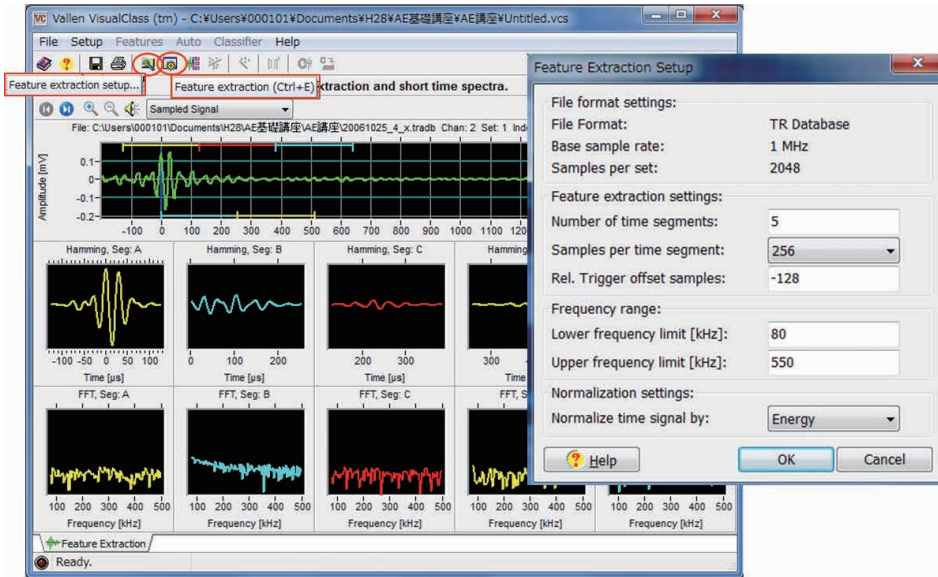


図 12 波形特徴抽出条件の設定

(2) 抽出条件の設定

図 12 では、一つの波形を 5 つの時間帯に分け、各時間帯の波形と FFT 解析結果が示される。波形形状で最もその特徴が表れる部位に時間帯が配置されるよう図 12 に示す Feature Extraction Setup メニューにて、時間帯の数やサンプル数、周波数などの抽出条件を設定する。

(3) 波形特徴の抽出

条件を設定した後に「Feature extraction」ボタンを押すことで、特徴の自動抽出がスタートし、作業完了後に図 13 に示す抽出状況が表示される。

次に Auto Feature Selector を Start すると自動で識別作業が進み、図 14 に示す識別結果が示される。ここで示されるパーセンテージは、学習に用

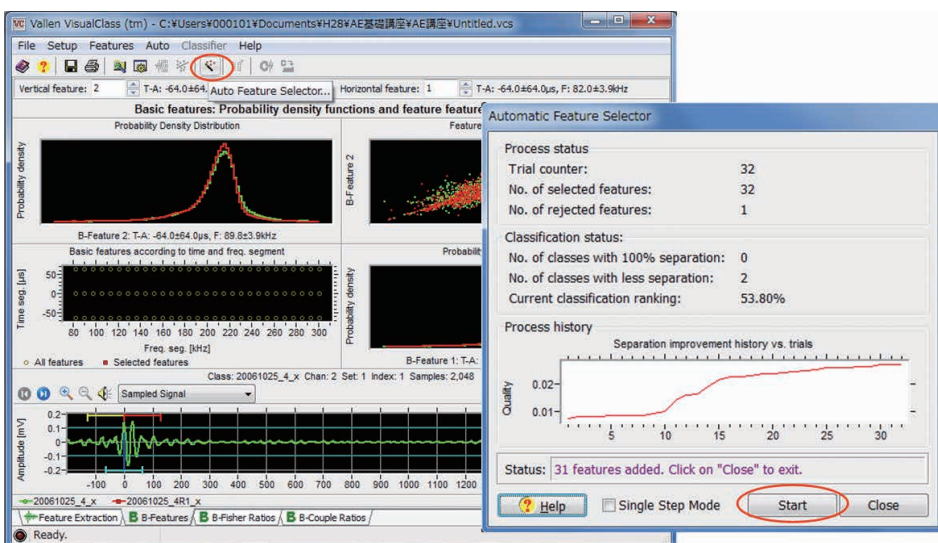


図 13 特徴抽出状況

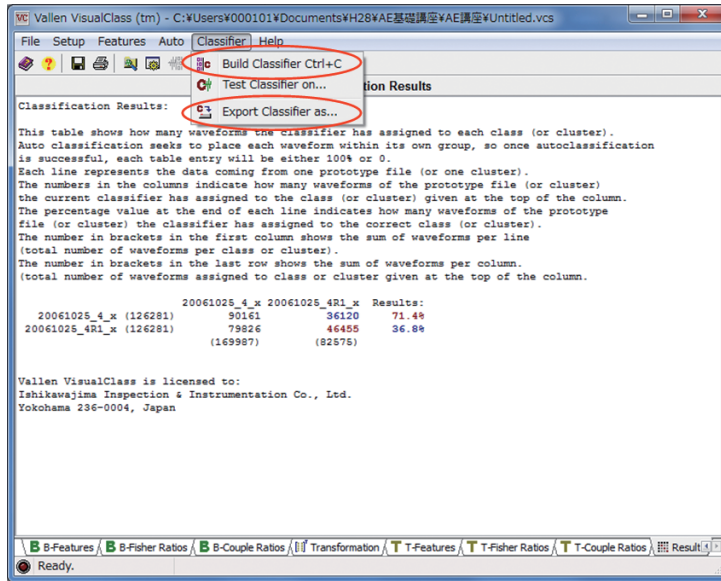


図 14 特徴抽出結果

いたデータ中に含まれる波形が正しく分類された割合を示しており、意図的にある特徴の波形のみを収集し学習データに用いる場合には 100%に近い値となる。この結果が妥当であるなら、「Build Classifier」ボタンを押し、ファイルを完成させたいので「Export Classifier」にて所定のフォルダに保存する。

3.3 波形自動識別の実行

波形自動識別は、図 15 に示すように「Feature Extractor」のメニューで Visual Class にチェックを入れ、識別に用いる Classifier を開き、「Start」ボタンを押すことで実行される。この操作も FFT Feature Extractor 同様にリアルタイムでの処理も可能である。

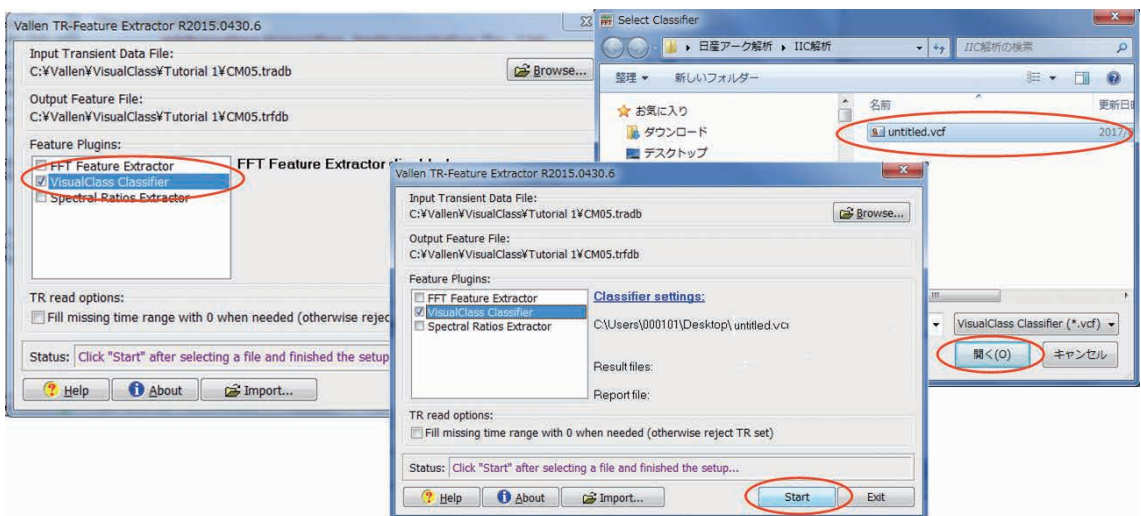


図 15 波形自動識別の実行

4. まとめ

「AE計測の基礎」シリーズは、これからAE計測や装置販売に携る方々の参考になればという思いで、「その1」から「その3」までをとおり、当社がAE関連事業を始めた経緯から、AE計測の原理、ハードウェアの構成、データ採取の条件設定、データ解析、位置標定、波形解析、波形自動識別までの機能や操作方法について解説した。文章に述べたことの多くはAE計測システムを扱ううえで必要となる最低限のことであり、AE計測のプロフェッショナルを目指す方にとっては入門書的なものであり、実際の業務では操作マニユア

ルを読み知見をより深めてもらいたい。またAE装置の販売に携る方にとっては、製品機能を一歩踏み込んで知るための一助となれば幸いである。

AE試験の最大の特徴は、監視対象から発するAE波を計測しその状態を評価することから、AE計測システムを設置した後は、無人での計測が可能なことである。近い将来、プラントやインフラなど多くの場で、AI（人工知能）、IoT、ビッグデータなどを活用する時代が到来することが予想される。AE技術は、一連の技術発展の中で、物の状態を監視するためのセンシングとして、さらに活用が広がることを期待し、本シリーズの執筆を終える。



検査事業部
部長 博士(工学)
日本非破壊検査協会理事
中村 英之

TEL. 045-791-3523
FAX. 045-791-3547