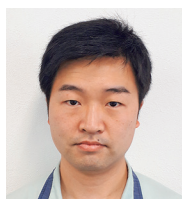
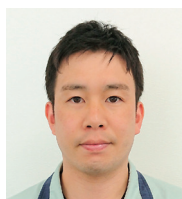


KizMILⅡの開発 ～機能向上の取組み～



藤原 拓也
Takuya Fujiwara
研究開発部



四方 達也
Tatsuya Shikata
研究開発部



林 喜弘
Yoshihiro Hayashi
研究開発部

1. はじめに

当社では、加工や組立工程で発生する振動を検出して、工具の破損や組立不良を検知する振動検査装置「KizMILⅡ」を販売している。

KizMILⅡでは、加工や組立工程で発生する振動（以下、正常振動）環境下から異常振動を検出するために、「端末ソフト」を用いてフィルタや検出条件などの設定を行うが、ユーザから設定が難しいとの意見をいただいた。また、KizMILⅡを用いた検査で発生する過剰検出や検出漏れなどを解決したいとの要望をいただくこともあった。

今回、これまでの実績から得た知見やユーザからの要望を活かし、端末ソフトの操作性と検査精度のさらなる向上を目指してKizMILⅡの新機能を開発した。

本報では、KizMILⅡの概要および新たに機能追加した設定用端末ソフトと波形検出フィルタについて述べる。



写真－1 KizMILⅡ

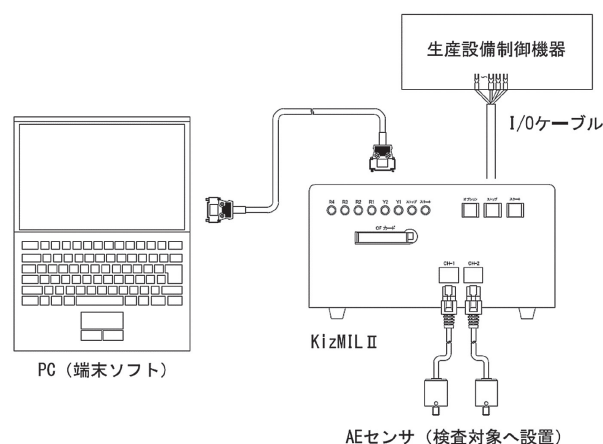
2. KizMILⅡの概要

2.1 装置の特徴

KizMILⅡの外観を写真－1に、機器構成を図－1に示す。

KizMILⅡは、生産設備の制御機器から検査開始信号を受けてAEセンサで受信した振動波形の検査を行い、判定結果を本体LEDおよび制御機器への出力信号で通知する。KizMILⅡは、波形検出フィルタ機能¹⁾を搭載し、振動波形から異常時の振動成分を抽出することができる。

PCでは、端末ソフトを用いて、KizMILⅡのパラメータ設定や振動波形表示を行う。



図－1 機器構成

2.2 端末ソフト

KizMILⅡの端末ソフトは、図－2に示すように複数のタブから構成されている。最も使用頻度の高い「設定」タブを図－3に示す。

「設定」タブでは、検査に関わる全ての設定を一つのタブ内で行う。

「端末」タブでは、検査開始や異常検出などの処理状況の確認や、コマンド入力による機能の個別実行を行う。

「検出条件設定」タブでは、格納した振動波形の確認や、波形検出フィルタのフィルタ処理結果を確認する。また、異常検出のための判定条件（閾値）の有効性を確認できる。

「フィルタ係数」タブでは、格納した振動波形から波形検出フィルタを作成する。

「ファイル操作」タブでは、KizMILⅡへ挿入したCFカードに保存されている振動波形や稼働履歴（ログ）、パラメータ設定、波形検出フィルタなどの情報を管理する。

本ソフトには、振動計測に必要な各種設定や確認機能が集約されており、手順を把握した作業者であれば、KizMILⅡの詳細な設定が短時間で作成可能である。

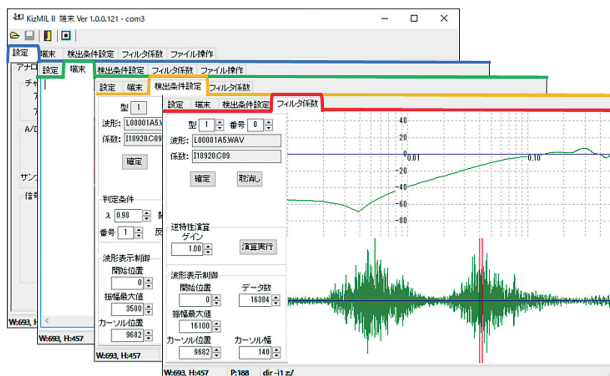


図-2 端末ソフトのタブ構成



図-3 パラメータの「設定」タブ

2.3 振動波形処理の流れ

KizMIL II での振動波形処理の流れを図-4に示す。

AEセンサで検出した信号は、可変ゲインアンプで増幅後にA/D変換を行い、波形検出フィルタへ入力される。このフィルタからの出力波形を検査し、閾値を上回った継続時間（サンプル数）を判定条件として異常検出を行う。なお、検査する波形はA/D変換波形からも選択できる。

2.4 波形検出フィルタ

KizMIL II は、正常振動環境下から異常振動を抽出するために、波形検出フィルタを搭載している。

波形検出フィルタは、正常振動波形を基に、これを除去するように作成する。

波形検出フィルタによる振動波形処理を図-5に示す。波形検出フィルタに正常振動が入力されると正常振動成分が抑えられるが、異常振動が入力されると異常振動成分は除去されず一定値以上の振動が出力される。これにより、異常振動の検出が可能となる。

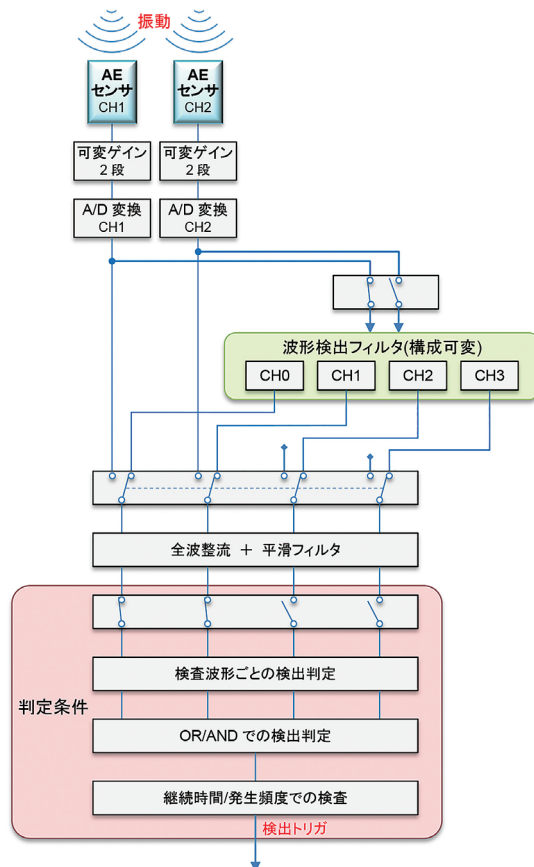


図-4 振動波形処理の流れ

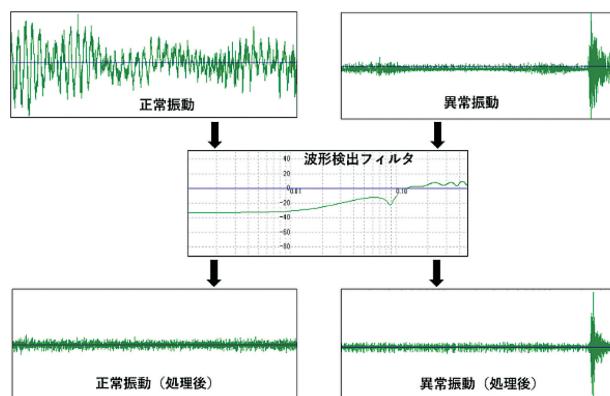


図-5 波形検出フィルタによる振動波形処理

3. 機能向上の取組み

3.1 設定用端末ソフトの開発

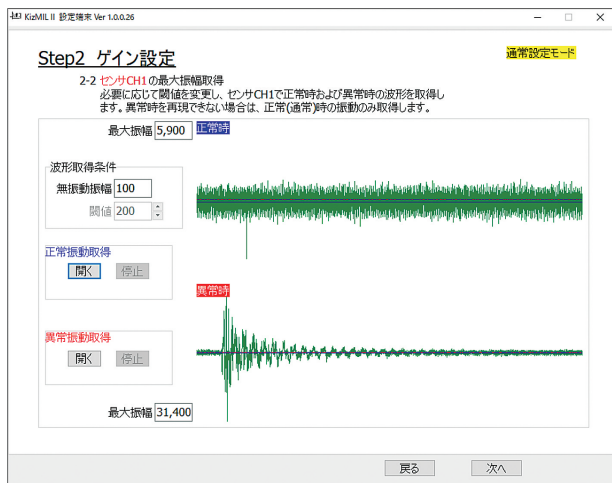
KizMIL II の端末ソフトを用いて一から設定する場合、複数のタブを切り替えながら各種設定やフィルタの作成を行う必要があるため、不慣れな場合は設定に時間を要する。そこで、設定用に特化した、操作性の高い端末ソフト（以下、「設定用端末ソフト」）を開発した。なお、設定用端末ソフトから、詳細モードとして従来の端末ソフトに移行することもできる。開発した設定用端末ソフトの特長を述べる。

(1) 画面遷移による設定

タブを切り替えながら設定していた手順を整理し、6つのステップに分解した（図－6）。各ステップの項目ごとに専用の設定画面を設け、一連の設定が完了すれば次の画面へ遷移する構造とし、各画面には、設定の手助けとなるコメントを表示した。一例として、図－7にゲイン設定（Step2）の設定画面を示す。これにより、設定手順を把握せずとも、コメントに従い、遷移する画面に沿って設定を行えば、各種設定やフィルタの作成が完了する。



図－6 設定手順



図－7 設定画面とコメント（ゲイン設定）

(2) 機能限定による設定の簡素化

サンプルレートは変換周期（11パターン）と分周数（1,024パターン）で11,264パターンの設定が可能であるが、設定用端末ソフトでは、使用頻度の高いサンプルレートおよび低サンプルレートから高サンプルレートに対応できる13パターンに限定し、リストから選択できるようにした。これにより、サンプルレートを直接選択できるため設定が簡素化できる。

(3) 設定目安を示すサポート機能

波形検出フィルタを作成する場合、アンプゲインを仮設定後に複数の振動波形を取得し、それらの波形の振幅値を読み取り、すべての振動波形が正常に取得できるようにアンプゲインを調整する。設定用端末ソフトでは、取得した波形の最大振幅値を自動取得し、そこからアンプゲインの目安を示すサポート機能を追加した。これにより、複数波形からの振幅値の読み取りが不要になり、アンプゲインの設定時間を短縮できる。

3.2 波形検出フィルタの開発

波形検出フィルタは、正常振動波形を基に、これを除去するように作成するため、正常振動と異常振動の周波数特性が異なる場合に異常検出ができる。しかし、正常振動と異常振動の周波数特性が近い場合には、波形検出フィルタでの異常検出に限界があり、一部の正常振動を異常検知（過剰検出）することがある。そこで、従来の波形検出フィルタに、特定の遮断周波数を持つ低域／高域通過型波形検出フィルタを追加し、過剰検出の低減を試みた。

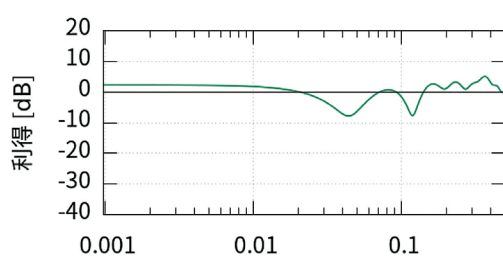
3.2.1 低域／高域通過型波形検出フィルタ

低域／高域通過型波形検出フィルタの遮断周波数は、サンプルレートに対し、0.05, 0.1, 0.25倍の正規化周波数3種類から選択可能とした。正常振動と異常振動を精度よく判別するためには、通過域と阻止域の間（遷移域）の幅を小さくする必要がある。そのため、数式処理ソフトMathematicaのフィルタ設計関数²⁾を使用し、通過域に対して阻止域の利得が-20dBになるようなフィルタ係数を設計した。

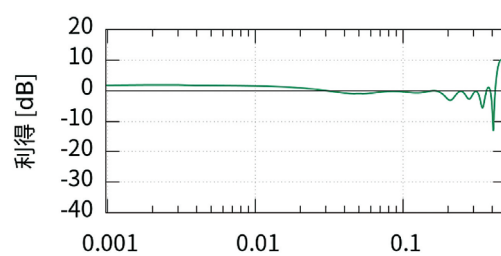
3.2.2 波形検出フィルタの評価

ユーザよりいただいた7ワーク分の異常振動波形と過剰検出された9ワーク分の振動波形を用いて、新たに追加した低域／高域通過型波形検出フィルタの性能評価を行った。

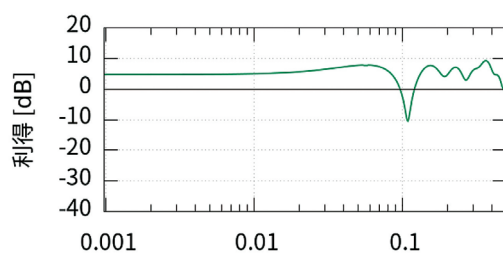
今回は、経験的な知見から遮断周波数がサンプルレートに対して0.05倍の高域通過型波形検出フィルタを用いて、ユーザからいただいた各波形をフィルタ処理した。また、比較のために、過剰検出された振動波形から従来の方法で作成した波形検出フィルタ3種類も加えた。各フィルタの周波数特性を図－8に示す。フィルタ処理後の波形に対し、ユーザと同一の検出条件（閾値1,500，継続時間250）にて評価した結果を表－1に示す。



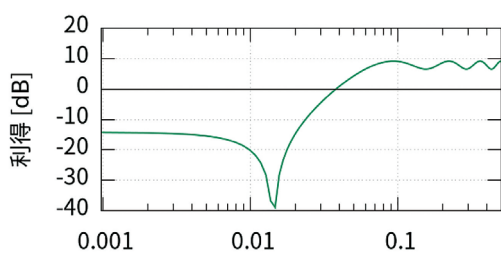
(a) フィルタ1



(b) フィルタ2



(c) フィルタ3



(d) 高域通過型

図-8 波形検出フィルタ

表-1 フィルタ別検出ワーク数

	ユーザ提供	フィルタ1	フィルタ2	フィルタ3	高域通過型
異常	7	5	4	7	7
過剰検出	9	2	2	7	3

フィルタ処理により異常振動波形をすべて異常検出し、かつ過剰検出されたワーク数を低減できれば効果が得られたことになる。

フィルタ1および2は過剰検出の低減効果があるが、異常振動波形の異常検出漏れが発生している。フィルタ3は異常振動波形の異常検出漏れがないものの、過剰検出の低減効果は小さい。高域通過型波形検出フィルタは、異常振動波形の異常検出漏れがなく、かつ過剰検出の低減効果が得られた。

ユーザの作成した波形検出フィルタに高域通過型波形検出フィルタ（図-8 (d)）を追加することで、検査精度の向上が期待できる。

4. おわりに

今回開発した設定用端末ソフトでは、設定手順の明確化や各種サポート機能の充実により操作性が向上し、KizMIL II の設定が容易になった。また、波形検出フィルタでは、追加した低域／高域通過型波形検出フィルタにより任意の振動成分の抽出性能が高まり、従来の波形検出フィルタと組み合わせることで検査精度の向上が期待できる。

今後、さらなる検査精度の向上に向けて検出条件の設定を見直す。また、これまで実績のない、過大な正常振動環境下での微小な異常振動検出が可能となるような機能開発を行い、用途開拓につなげていきたい。

〈参考文献〉

- 1) 四方達也「高周波信号処理技術開発 ―外乱環境下におけるAE検出―」日東テクニカルレポート, No.73, 2013.7, p.23-26.
- 2) Wolfram Research (2012), EquirippleFilterKernel, Wolfram言語関数, <https://reference.wolfram.com/language/ref/EquirippleFilterKernel.html>.