アコースティックエミッション（AE）の基礎知識

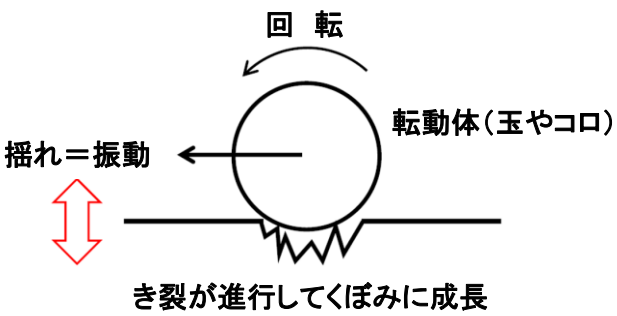
設備診断：軸受編

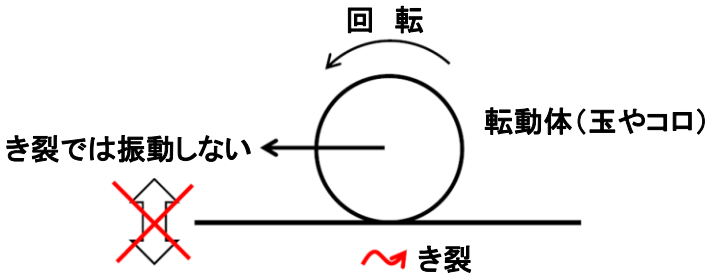
株式会社SETLa

アコースティックエミッション（AE）を利用する利点

1. 振動法

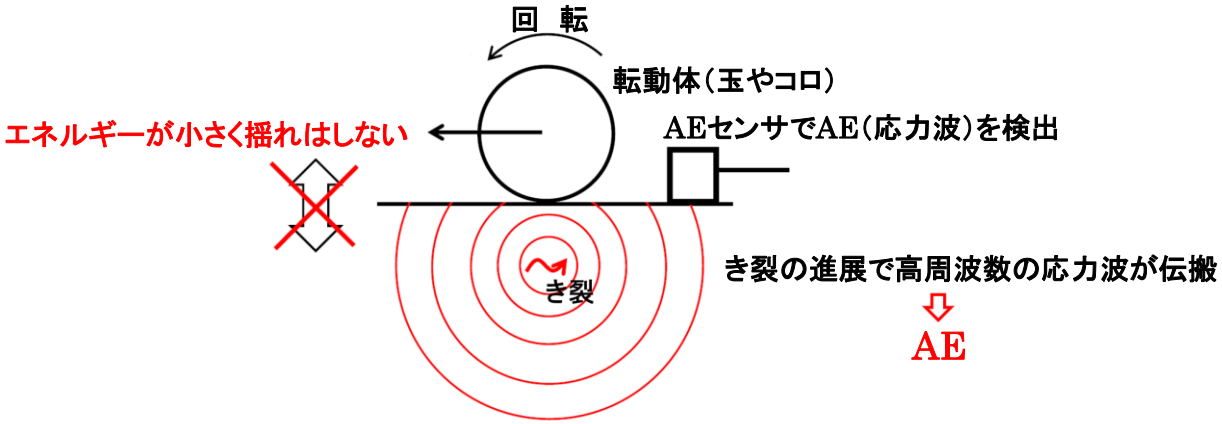
軸受の転がり面にき裂が発生してくぼみに成長し、このくぼみに転動体（玉やコロ）が落ち込むと揺れます。これを検出するのが振動法です。しかし、軸受の転がり面にき裂や摩耗が発生しただけでは、設備を加振するエネルギーが小さくて揺れないので、振動法では検出できません。





2. AE法

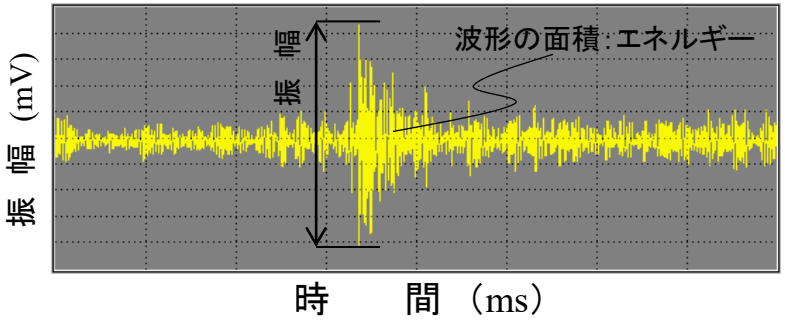
AEは、き裂や摩耗により発生する弾性波です。したがって、き裂がくぼみに成長する前の現象を検出することができます。また、AEを利用することにより、設備の異常を早期に検出できるので、グリースアップなどにより損傷の進行を遅らせて設備の寿命を延ばすことも可能です。



き裂により発生するAEの特徴（復習）

- 軸受にき裂が進行する時に発生するAEも、基本的には単純な材料のき裂の進行です。したがって、発生するAEの特徴は、材料にき裂が進行する時と同じです。「基礎編」でも説明していますが、復習しましょう。

- き裂の進行と、発生したAEの波形の形状に相関があります。き裂が進行すると、下図のような立ち上がりが鋭く、その後減衰するAEが1個発生します。したがって、き裂の進行する数と、AEの発生数に相関があります。同様にAEの波形の大きさ、これを振幅と定義しますが、振幅はき裂の進展距離と相関があり、波形の面積、これをエネルギーと定義しますが、エネルギーはき裂の面積と相関があります。



●波形形状　：突発型

●発生数　　：き裂の進展数

●振　幅　　：き裂の進展距離

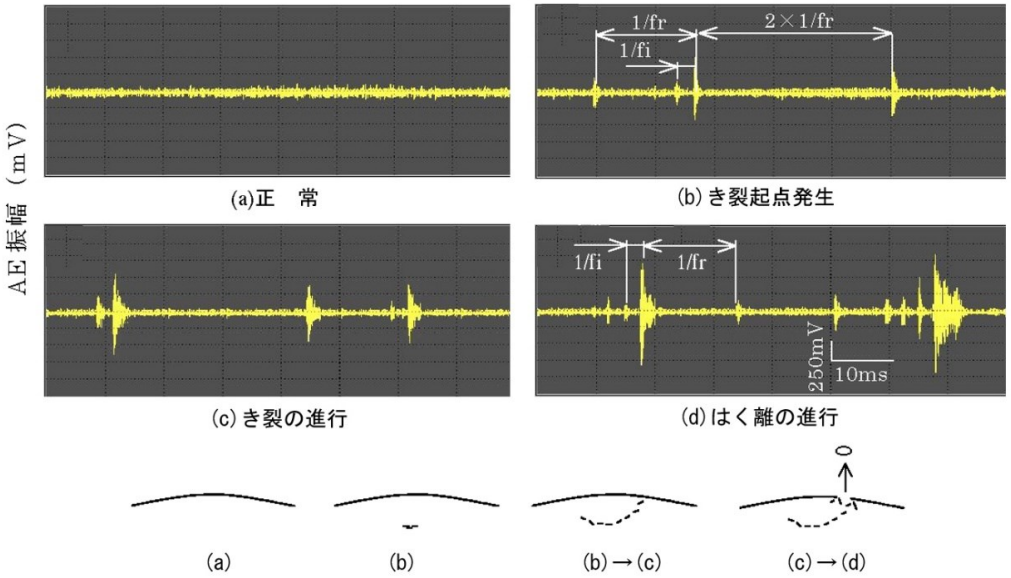
●エネルギー：進展したき裂の面積

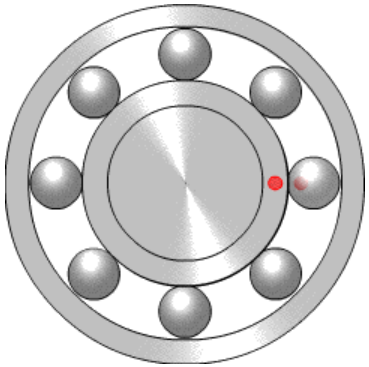
●周波数　　：材料により決定

き裂進展時に発生するAEの特徴

き裂により発生するAEの特徴Ⅱ

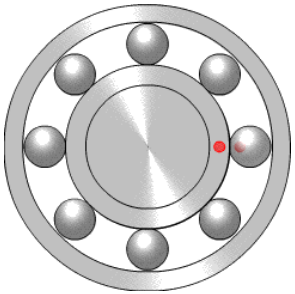
- 下記に、軸受の内輪に疲労き裂が進行する時のAEの挙動を示します。正常な状態(a)でも摩耗は進行するので、連続したAEが発生します。ただ、波形に特徴はありません。
- 軸受の転がり面にき裂が進行すると(b)、立ち上がりの鋭い突発型のAEが発生します。このAEは、軸受の材料が軸受鋼(SUJ2)ですから、その周波数成分はおよそ100kHz～200kHzに分布します。
- AEの発生数はき裂の数、振幅はき裂の進展距離、エネルギーはき裂の進展面積と相関がありますから 、き裂が成長するにしたがい(b→c→d)、AEの発生数が多くなり、その大きさが大きくなっていきます。
- 上記のように、軸受のき裂の評価は、①100kHz～200kHzのAEを検出し、②振幅、エネルギーの大きさを評価すればいいことが分かります。

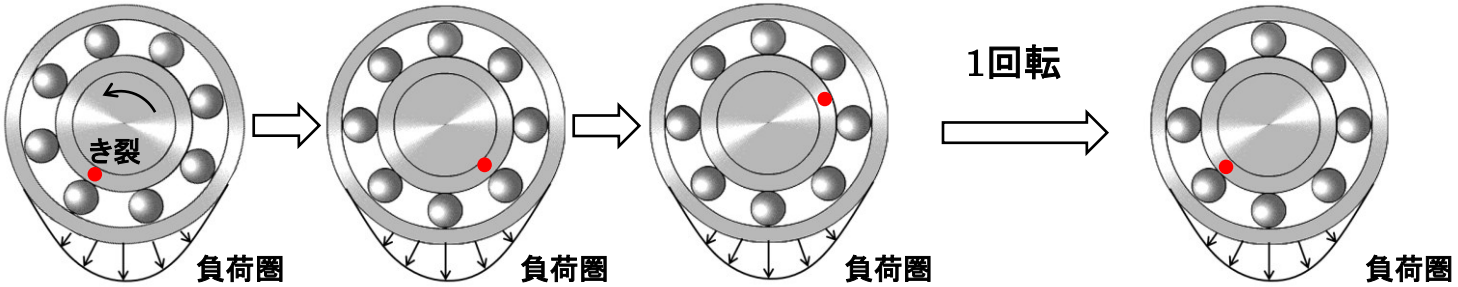


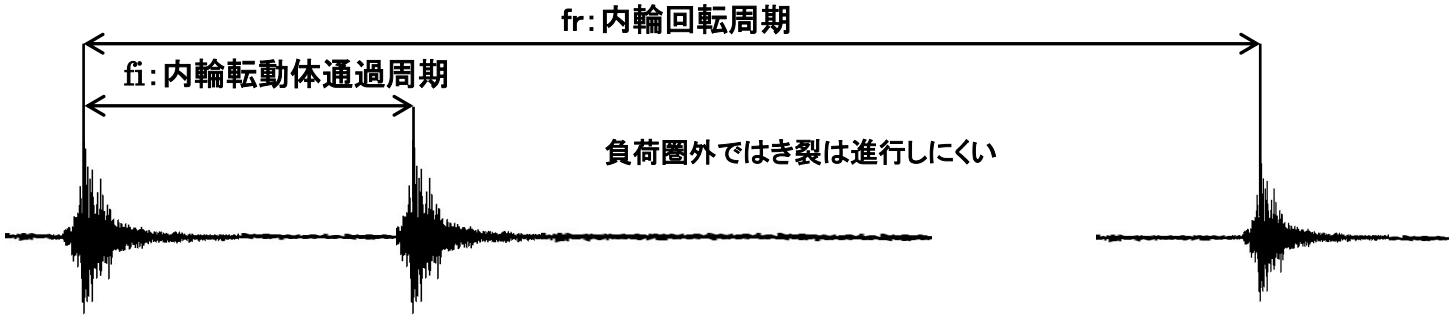


疲労き裂による発生するAEの特徴Ⅲ

軸受には、軸受への負荷により応力の加わる負荷圏が存在します。軸受に生じたき裂は、この負荷圏内で、転動体（玉やコロ）の通過によりせん断応力を受けて進行します。したがって、下記に示すようにき裂は周期的に進行し、AEも周期的に発生します。この周期を特性周期と言います。特性周期は、き裂の発生位置により異なり、その値は、軸受の寸法から計算で求めることができます。



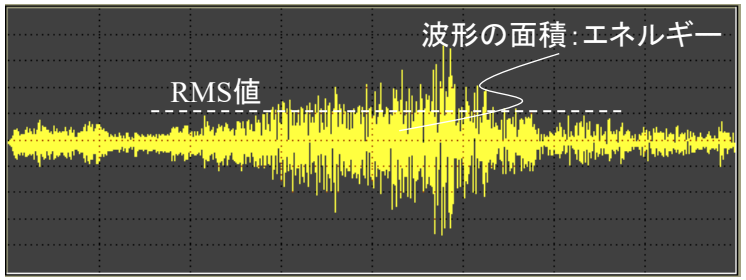




内輪にき裂が進行した場合の周期性

摩耗による発生するAEの特徴Ⅰ　（復習）

- 軸受に摩耗が進行する時に発生するAEは、基本的には単純な材料の摩耗ですから、材料に摩耗が進行する時に発生するAEと特徴は同じです。復習しましょう。
- 摩耗は、き裂が集まったものと考えると、き裂と同じようにAEが発生し、これが多数発生するので重なりあい、連続した信号として観察されます。この場合、RMS（実効値）は、摩擦し合う両面の摩擦係数と相関があり、エネルギーは、摩耗量と相関があります。



時　　間（ms）

●波形形状　：連続型

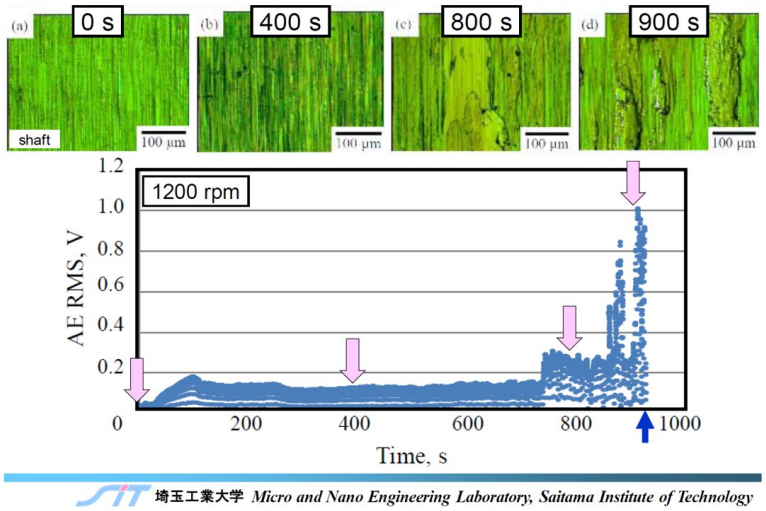
●RMS値　　：摩擦係数と相関

●エネルギー：摩耗量と相関

●周波数　　：材料により決定

摩耗により発生するAEの特徴Ⅱ

- 軸受の潤滑状態が悪くなり、摩耗が進行すると、転がり面の摩擦係数が増加してRMSあるいはエネルギーが増加します(左図)。
- 下記の右図に、潤滑状態が悪くなり、摩耗が進行している軸受のRMSの挙動を示します。RMSが高く、転がり面の摩擦係数が高いことが分かります。また、重要なのは変動で、転がり面が凸凹している様子が分かります。
- 上記のように、軸受の摩耗の評価はRMSの絶対値と変動幅を評価するのが有効です。
- RMSだけでなく摩耗量と相関のあるエネルギーも有効です。



埼玉工業大学 Micro and Nano Engineering Laboratory, Saitama Institute of Technology

埼玉工業大学　工学部　長谷亜蘭様資料より

図1 転走面とAEのRMSの関係

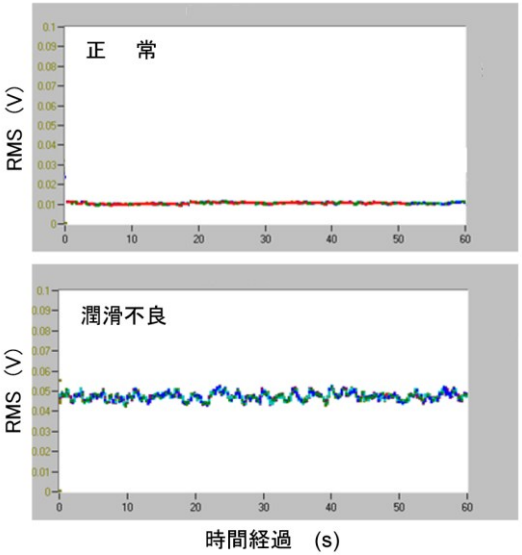
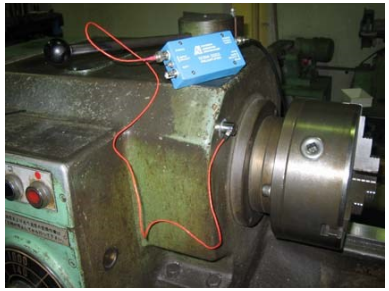
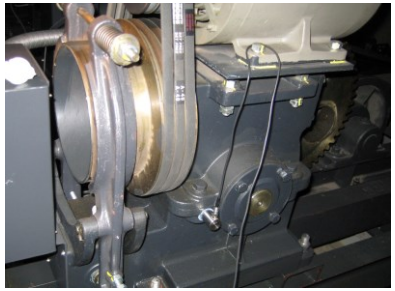


図2 摩耗進行時のRMSの挙動

AEの計測方法

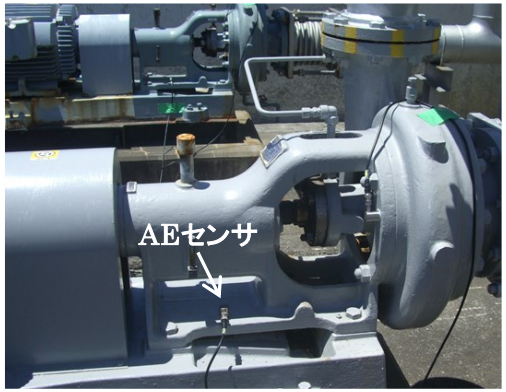
- AEセンサは、計測対象の軸受のできるだけ近くに取り付けます。もちろん、軸受に直接取り付ける必要はなく、軸受箱などのAEセンサが設置しやすい位置を選択して下さい。
- AEは、空気中では減衰が大きいので、AEセンサは検出面に直接接触させて取り付けます。また、接触面の粗さの影響を小さくするために、AEセンサの検出面にはシリコングリース等の接触媒質を塗って取り付けます。
- 下図に取り付け例を示します。各取り付けとも、AEセンサの取り付け面にシリコングリースを塗布し、計測対象に押し付けて取り付けています。

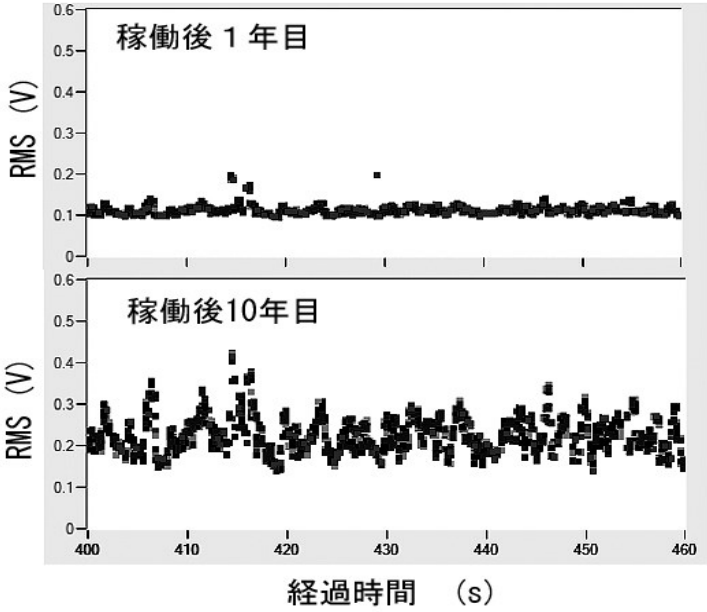



- AEセンサは、AE検出時に動くと検出面の摩擦でAEが発生します。したがって、検出中は動かないように固定することが必要です。固定は、センサが動かなければどのような方法でもかまいません。一例として、下記のようにマグネットホルダーによる固定方法を示します。

軸受の診断事例

- ポンプの軸受は比較的振動が大きく、潤滑が切れやすいので、その損傷の多くは摩耗形態を示します。
- 下記に、実機のポンプの軸受のAE計測結果として、RMSの挙動を示します。稼働時間の長い軸受では、RMSの上昇と変動が観察され、軸受の転がり面の摩耗が進行していることが分かります。





ご利用ありがとうございました

株式会社SETLaでは、構造物など他の診断事例を多数ご用意しています。
また、受託診断や個別の講習会もお受けしますのでご連絡下さい。

https://setlabo.com