

音響診断によるグリス潤滑式軸受の適切な保守管理

Acoustic diagnosis improves maintenance of grease lubricated bearings

(株) 中部プラントサービス	神保吉秀	Yoshihide Jimbo	Member
(株) 中部プラントサービス	岸田光博	Mitsuhiro Kishida	Member
(株) 中部プラントサービス	黒柳克巳	Katsumi Kuroyanagi	Member
(株) 中部プラントサービス	堀田治	Osamu Hotta	Member
(株) 中部プラントサービス	肥田茂	Shigeru Hida	Member

This paper describes effectiveness of applying acoustic diagnosis to the greasing work. When we hear abnormal sounds from grease lubricated bearings, we try greasing. As a result, usually abnormal sounds fade away. But after a while sometimes the sounds appear again. Therefore we try greasing again. The sounds fade away at the time but later appear again. We try greasing again and again but the results are the same. By this time, the temperature of the bearing has increased a lot. If the temperature increases over the criteria, the life of the bearing and grease become short. We can avoid the repetitious greasing work with acoustic diagnosis. We can decide regreasing or not by the result of the diagnosis. Moreover we can find signs of wear of bearings by the result.

Keywords: Acoustic diagnosis, Grease lubricated bearings, Temperature, Wear

1. 緒言

グリス潤滑式の軸受に異音が発生していた場合、機器の故障を防ぐためにまず対処を試みるのがグリスの補給である。しかしグリスを補給しても異音が消えずに軸受の温度を不用意に上昇させてしまった、という事象が時々発生する。軸受温度が上昇すると、潤滑材の劣化が早まる。温度が軸受製造時の熱処理温度を超えた場合は部材の硬度が変化し、軸受の寿命に影響が出る可能性もある。また、異常に温度が上昇した場合は焼きつきを起こすこともある等、不用意な軸受温度の上昇は好ましくない。

我々は昨年、回転機器の診断に人間の可聴周波数範囲である 20~20kHz に対応した加速度ピックアップで軸受の振動値を採取し、音響解析ソフトで音として再現して解析を行う音響診断法を試みた。その結果、様々な軸受音の特徴を掴むことができた[1]。今回は、同様の方法で軸受にグリスを注入する時の音を採取

し、解析を試みた。解析は、時間の経過と共に音の周波数と音圧レベルがどのように変化するかを表す時間周波数解析ソフトで行った。その結果、この方法で軸受の音圧レベルを監視することで、前記の事象を回避できることが解った。更に、軸受の磨耗具合の把握への応用を検討した。

2. 音響診断活用法

2.1 不用意な軸受温度上昇の防止

グリスの補給によって軸受の温度が上昇する現象は、グリスには冷却作用がないために起きることが知られている[2]。グリスの量が増えた分だけ冷却状態が悪くなるのである。そのため、軸受には適切なグリスの封入量が示されている。軸受から異音が発生しており、原因は潤滑不足であろうと判断し、グリスの補給を行うと軸受の温度は上昇する。この時、適切な量の補給であれば軸受温度は正常な範囲の上昇で終息する。しかし、補給を行った後に再度異音が発生し、補給量が足りないであろうと判断し、更にグリスの補給を行う場合がある。この場合、異音の発生原因が潤滑不足によるものであったならばグリスの補給は好結果となるが、他に原因があった場合は、効果は無く、不用意に軸受の温度を上昇させてしまう結果となる。図1にその状況を示す。

連絡先：神保吉秀、〒437-1695 静岡県御前崎市佐倉 5561
中部電力(株)浜岡原子力発電所内 保守センター第1棟
株式会社中部プラントサービス浜岡総括事業所
技術部 技術グループ
電話:0537-85-4347、e-mail: y-jinpo@chubuplant.co.jp

図1①で軸受けから異音が生じているため、まずグリスの補給をする。図1②で異音が消える。消えた音の中には、潤滑不足によるものとそうでないものがある。潤滑不足に関係のない音は一時的に消えるか音量が小さくなるが、やがてまた図1③で異音となって聞こえてくる。この音が潤滑不足によるものであれば図1④のグリスの補給は適切であるが、そうでない場合はムダな作業となる。軸受の温度を余計に上昇させ、事態を悪化させてしまう。これを数回繰り返したところ(図1の⑨)で、どうもグリスの補給は効果がなさそうだと判断が下され、しばらく様子を見ることとなり運転を続ける。この時点で温度は数回余計に上昇している。不用意な温度上昇のため、グリスと軸受の寿命を縮めてしまっている。

この事象を防止するためには、図1③の時点で再度発生した音が潤滑不足によるものかそうでないかを判断できれば良い。軸受が確実に潤滑不足であると分かっている状態の軸受の音と比較ができればその判断は可能となる。そこで、電動機の軸受の定期的なグリス補給作業の時に軸受の音がどの様に現れているかを調べることにした。この補給作業は、時間の経過に伴ってグリスが劣化し潤滑不足が起きるため、定期的にグリスを定量補給するものである。補給直前は軸受が潤滑不足の状態でありキュルキュルという音色の異音が生じている。キュルキュルという音は、軸受の取り扱い説明書等によれば、潤滑不足の音であると言われている[3]。グリスを補給すると異音が消え、正常な音になる。

電動機のグリスの補給作業時に、昨年と同様に加速度ピックアップで音響データを採取し、時間周波数解析を行った。図2に解析結果を示す。解析の結果、次のことが解った。

- (1) 補給をすると共に音圧レベルが下がる周波数帯(a)があり、音色はキュルキュルと聞こえる。
- (2) 周波数帯(a)の音圧レベルの低下が止まると、キュルキュルという音は消える。
- (3) 補給をすると共に音圧レベルが上がる周波数帯(b)がある。音色はグワーンと聞こえている。
- (4) 周波数帯(b)の音圧レベルの上昇は、補給開始後、時間遅れで生じることがある。

この結果を基に、図1の③で再発した音が潤滑不足によるものかそうでないかを判断することができる。方法は、再発した音を全体の音の中からソフト上の周波数フィルタで抽出して周波数を読み取り、音色を耳で確認し、以下のように判断する。

- (5) 再発した異音が周波数帯(a)に含まれており、音色がキュルキュルという音であったならば、グリスの不足が原因である。
- (6) 音色が他の音色であるか、周波数帯(a)から外れていた場合は、他に原因がある。

以上のように判断を行い、異音の発生原因が(5)であれば再度グリスの補給を行う。(6)であれば、そのまま様子を見るか、運転を中止し点検を行う。

このように音響診断を活用することで、軸受の温度を不用意に上昇させてしまうことを避けることができる。

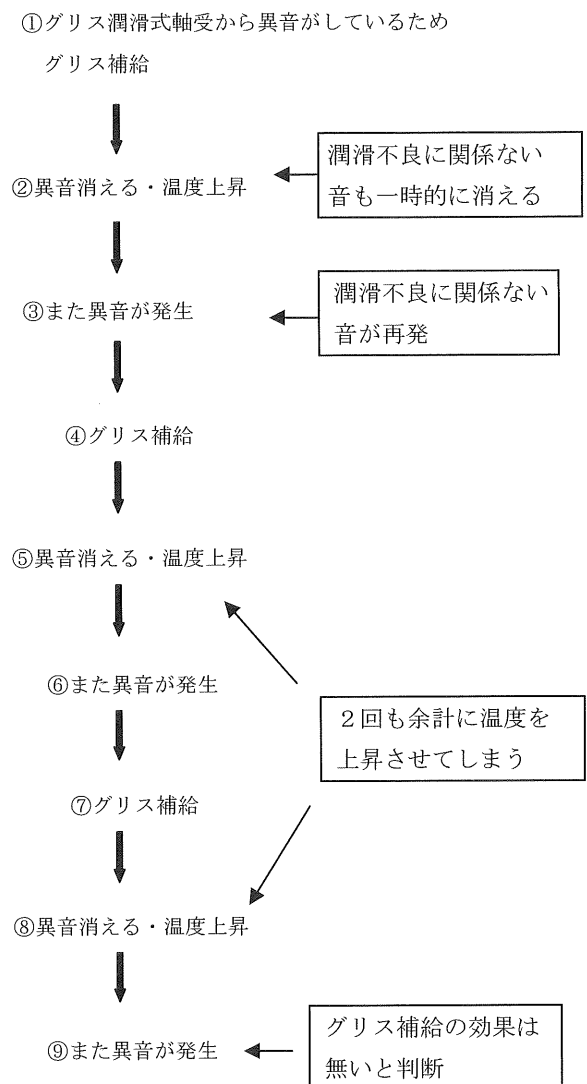


図1 グリス補給作業の状況

2.2 軸受磨耗度合いの把握

2.1のグリスを補給した時の結果では、グリスを補給すると低い周波数帯の音圧レベルが上がる現象が見られた。この現象は何を意味するのか、検討を行った。その結果、軸受の磨耗に関係していると推測され、定期的なグリス補給作業時に音圧レベルを観察することで、軸受の磨耗度合いが把握できるのではないか、という考えに至った。検討の内容を以下に記す。

(1) 磨耗と音圧レベル上昇の関係

図2のグリスの補給と共に音圧レベルが上昇した周波数帯(b)の音圧レベルを詳細に調べると、図3に示すように、軸受磨耗の兆候となる固有振動数での音圧レベルに上昇が見られた。軸受の劣化により、軸受すき間が増大するとガタつきにより軸受ケーシングが加振され、その固有振動数(通常数百Hz)が顕著に現れる[4]。図4に、電動機胴体の固有振動数の測定結果を示す。固有振動数は、電動機の運転停止中にハンマリングによって測定した。この固有振動数に合致した周波数の音が図3に顕著に現れている。図5に示す他の同型の電動機と比較すると音圧レベルが大きい。この結果から、図2~4の電動機は、軸受すき間が増大しているものと思われる。

また、図3の③④⑥⑧の音圧レベルは、グリスの注入と共に上昇している。図5には上昇が見られない。この結果から、軸受けにグリスを注入した時に、機器胴体の固有振動数の音圧レベルに上昇が見られるものは、軸受が磨耗しているものと考えられる。

(2) 磨耗の度合いと音圧レベル上昇の関係

軸受が回転する際、転動体が内輪や外輪に衝突するか保持器との間で摺動することによって振動が発生する。振動の周波数は、主として外輪の固有振動数である[4]。従って、軸受から発する主な音は、転動体が外輪に衝突する際に発する衝撃音であり、その周波数は外輪の固有振動数であると考えられる。そこで、軸受の内部にグリスが入っている時と入っていない時に衝撃音がどのように現れるのか次の実験により調べた。電動機の軸受を分解し部材に分け、外輪と転動体を衝突させて、外輪の固有振動を加速度ピックアップで採取し、音響解析ソフトで音に変換し周波数と音圧レベルを観察した。その様子を図6に示す。転動体を、図6中の落下開始地点に手で置いて離し、転がしてレールの先端から落下させ、外輪の側面に衝突させた。外輪と転動体は、衝突時の減衰振動波形が乱れて測定結果にばらつきが生じないように実験を繰り返

し、図6のように配置した。データーは、外輪にグリスを塗っていない時と、グリスを0.1mmと0.2mm厚に塗った時の3パターンをそれぞれ5回ずつ採取した。固有振動値は、8次まで計測できた。パターン毎に各次数の音圧ピーク値を平均し図7にまとめた。その結果、次のことが解った。

- 1) 4次の固有振動値の音圧レベルが、外輪にグリスを塗っていない時よりも、グリスを塗ってある時のほうが高かった。
- 2) 4次の固有振動値の音圧レベルが、グリスの塗膜厚さが0.1mmの時よりも0.2mmのほうが、高かった。

この現象を軸受の内部に当てはめて考えてみる。転動体と転走面の間にはラジアル隙間が設けられているため、軸受が回転している時は転動体が転走面を衝撃している状態にあり、僅かながら衝撃音が発生している。ラジアル隙間にグリスが入り込むと、1)のように、ある次数の音圧レベルが上昇する。グリスを補給した時、転動体と転走面の間が広いほどグリスは多く入り込み、グリスの厚みが増すことになる。軸受が磨耗しラジアル隙間が広くなり、グリスの補給時にグリスの厚みが増すほど、2)のように、ある次数の音圧レベルが上昇すると考えることができる。

これらのことから、グリス補給時に軸受の音圧レベルを観察し、各部材の固有値など特定の周波数帯での音圧レベルの変動具合により、以下のような判断ができるものと考えられる。

- 1) 音圧レベルが上昇するものは、磨耗がある。ほとんど上昇しないものは、磨耗はない。
- 2) 音圧レベルの上昇値が前回の補給作業時と同じものは、磨耗は進んでいない。
- 3) 前回の補給作業時よりも音圧レベルが上昇するものは、磨耗が進んでいる。

2.3 その他の音響現象の変化

軸受けにグリスを注入する際に軸受から発する音圧レベルを観察していると、今回観察された現象以外にも以下の音響現象が見られた。

- 1) 変動していた音圧レベルの周期が変化する、あるいは一定になる。
- 2) 一定であった音圧レベルが変動しだす。
- 3) 周波数変化を伴って音圧レベルが下がる周波数帯がある。

4) 突発的な音圧レベルの変動がある。

これらの現象がなぜ起きるのか解明することによって、更に詳細に軸受の健康状態を把握できる可能性がある。

3. 結言

軸受にグリスを補給したほうが良いか否か。軸受に磨耗はあるか否か。このような判断は軸受の音を聞き、人間の聴感によって行ってきた。聴感による判断は個人差の大きい技量であるが、今回試みた音響診断法を活用することで個人差のない判断が可能となると考える。

一方、今回の軸受けの磨耗を見分ける方法は、大まかな磨耗度合いの把握に留まる。磨耗が許容値内にあるかどうかまでは、実際に軸受を取り出し計測してみなければ解からない。また、統計を取るには長い時間が掛かる。あらかじめ磨耗量を把握した模擬軸受けを利用した実験により診断の精度も向上させる必要がある。

また、今回観察されたその他の音響現象についても今後の解明が期待される。

今回、音響解析には時間周波数解析法を使用した。この手法は軸受から発する振動音の挙動を把握するのに有効な手法である。今後の設備診断に多用されて行く手法ではないかと考える。更に、現場でリアルタイムに観察ができるとより便利であり、携帯型測定器の開発が期待される。

参考文献

- [1] 神保吉秀 他, 「回転機器への音響診断適用について」, 日本保全学会 第6回学術講演会論文集 (2009)
- [2] 潤滑べからず集、日本プラントメンテナンス協会、pp.27(2007).
- [3] 転がり軸受入門ハンドブック、NTN株式会社、pp.56(2007).
- [4] 日本鉄鋼協会, 「設備診断技術ハンドブック」, pp.82-83(1986)

電動機仕様
55kw 三相誘導電動機

(a) グリス注入により音圧レベルが下がる。
音色はキュルキュルと聞こえ、グリスを補給
するとシャーという正常音になる。

(b) グリス注入により音圧レベルが上がる。音
色はグワーンと聞こえており、グリスを補
給すると音が大きくなる。

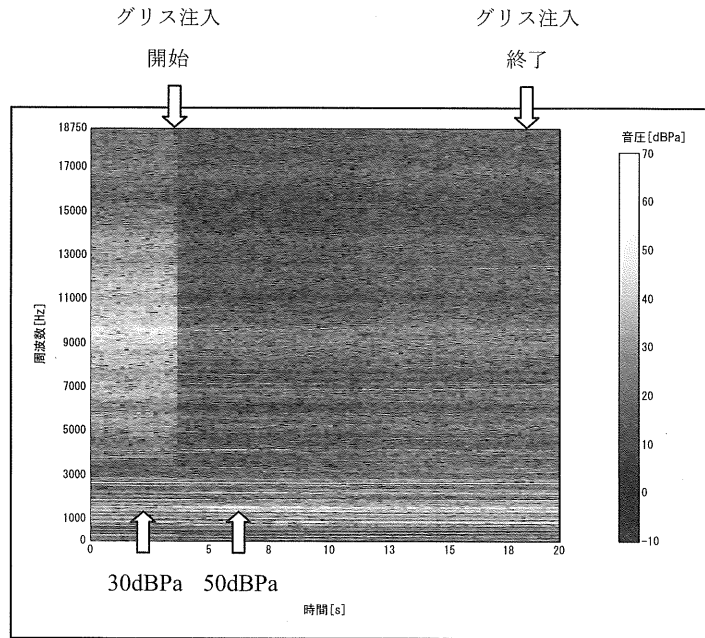


図2 軸受音圧レベルの変化 (0~20kHz)

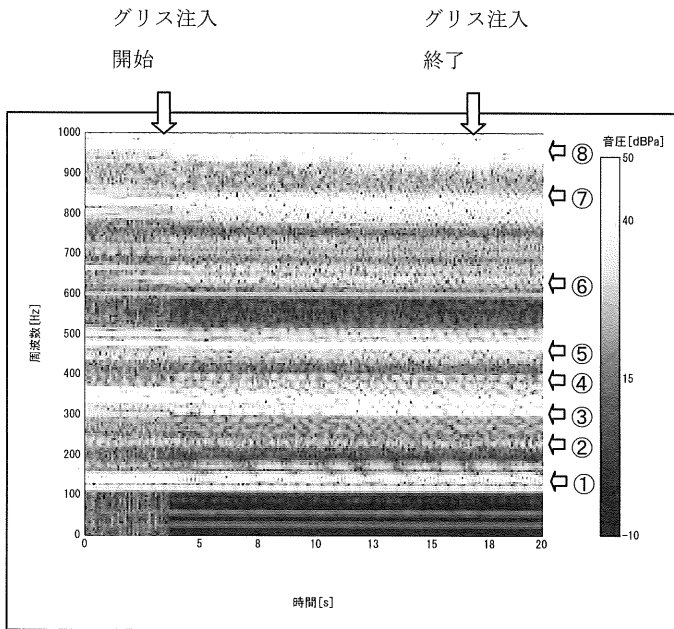


図3 軸受音圧レベルの変化 (1kHz以下)

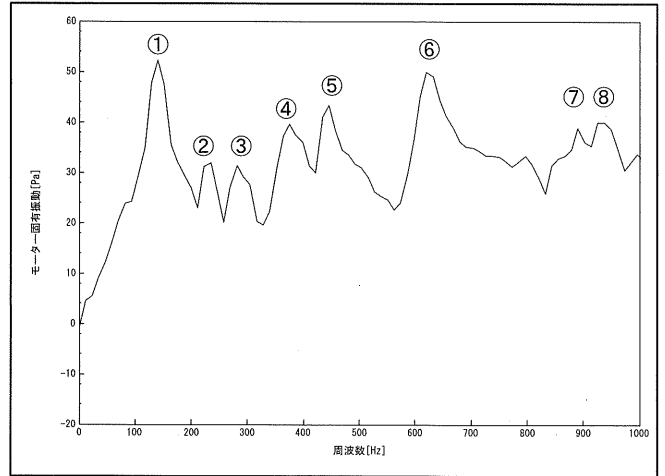
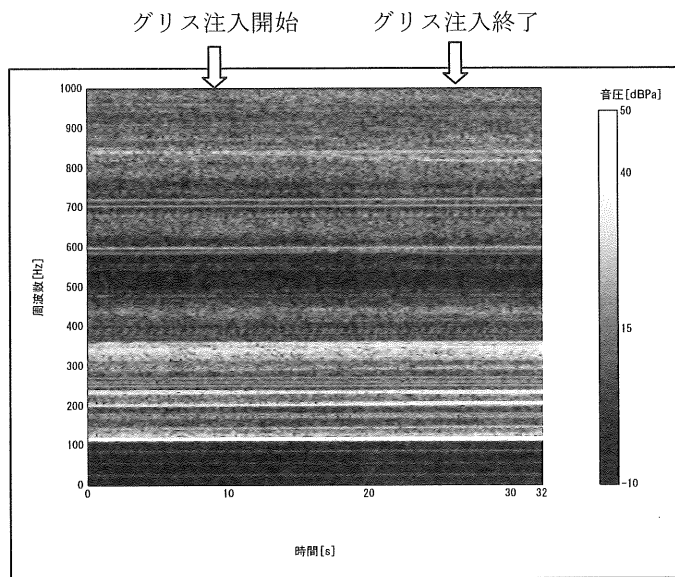
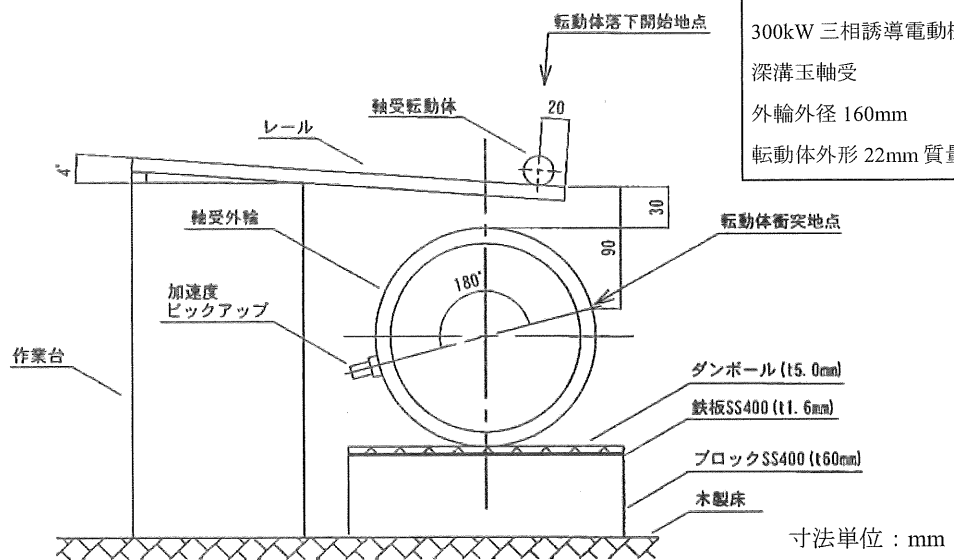


図4 電動機胴体の固有振動数



電動機仕様
 図2. と同型の
 55kw 三相誘導電動機

図5 健全な軸受の音圧レベル変化(1kHz以下)



軸受部材仕様
 300kW 三相誘導電動機の
 深溝玉軸受
 外輪外径 160mm
 軌動体外形 22mm 質量 45g

図6 軸受外輪と軌動体衝突実験の配置図

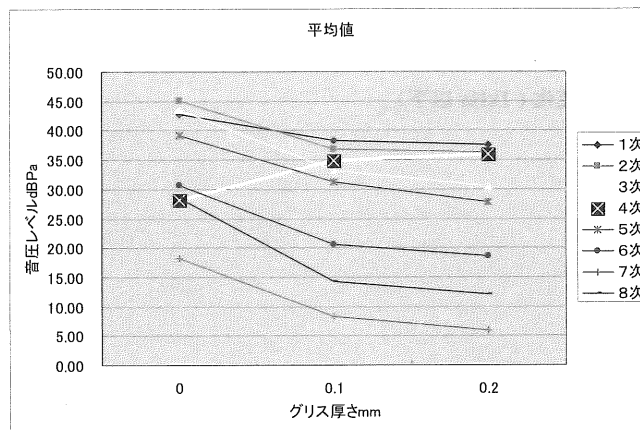


図7 衝突実験結果