

# 状態監視振動診断業務について (回転機械の振動の実例)

川重テクノロジー株式会社

長江 信顕

## 1. 緒 言

著者がこれまでに携わった振動計測の対象物は、車両、モーターサイクル、発電用ガスタービン、発電用蒸気タービン、発電用レシプロエンジン、油圧プレス、ボイラなどの陸用機械、LNG 船（蒸気タービン推進）、ジェットフォイル（高速旅客船）などの船用機械、輸送機、ロケットフェアリングなどの航空宇宙関連機器など多岐に渡るが、これらの中から陸用の回転機械である発電用蒸気タービンと発電用レシプロエンジンを取り上げ、それぞれの機械特有の振動現象としてラビング振動と振り振動について実測データの分析結果を紹介する。

## 2. ラビング振動

図1に示した発電用蒸気タービンのラビリンスシール部において発生した、「弱いラビング振動」のタイムトラッキング分析結果と軸芯の振れ回り軌跡をそれぞれ図2.1と図2.2に示す。また、「強いラビング振動」に関する同様の分析結果を図3.1と図3.2に示す。図2.1と図3.1のタイムトラッキング分析結果には、#1軸受と#2軸受における軸振動の1X成分と2X成分のベクトル図、位相、振幅を表示し、図2.2と図3.2の軸芯の振れ回り軌跡には、#1軸受と#2軸受における2周期分の軸芯の振れ回り軌跡を表示した。タイムトラッキング分析は、任意の次数成分の振幅と位相の情報を任意の時間間隔で抽出する分析手法であり、一定回転速度において着目した次数成分の振動が時間と共にどのように変化するかを把握したい場合に用いられる。

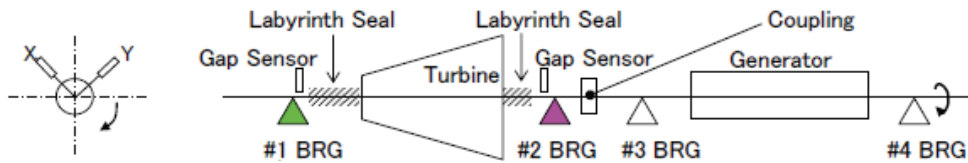


図1 発電用蒸気タービンの構成とギャップセンサの配置

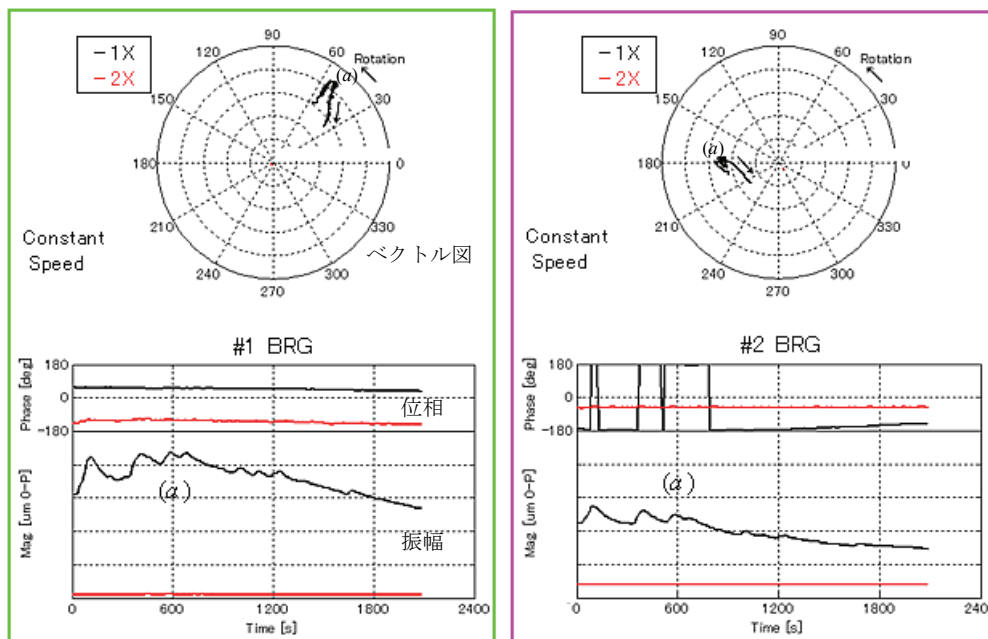


図2.1 タイムトラッキング分析結果 (弱いラビング振動)

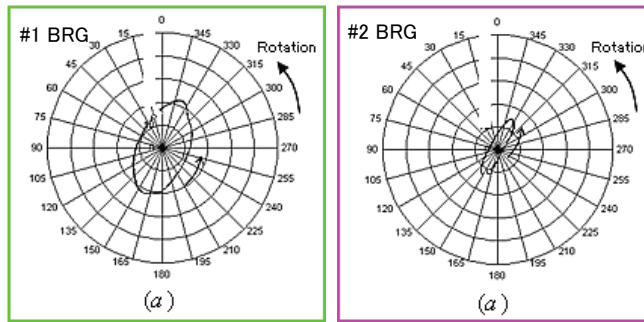


図 2.2 軸芯の振れ回り軌跡 (弱いラッキング振動)

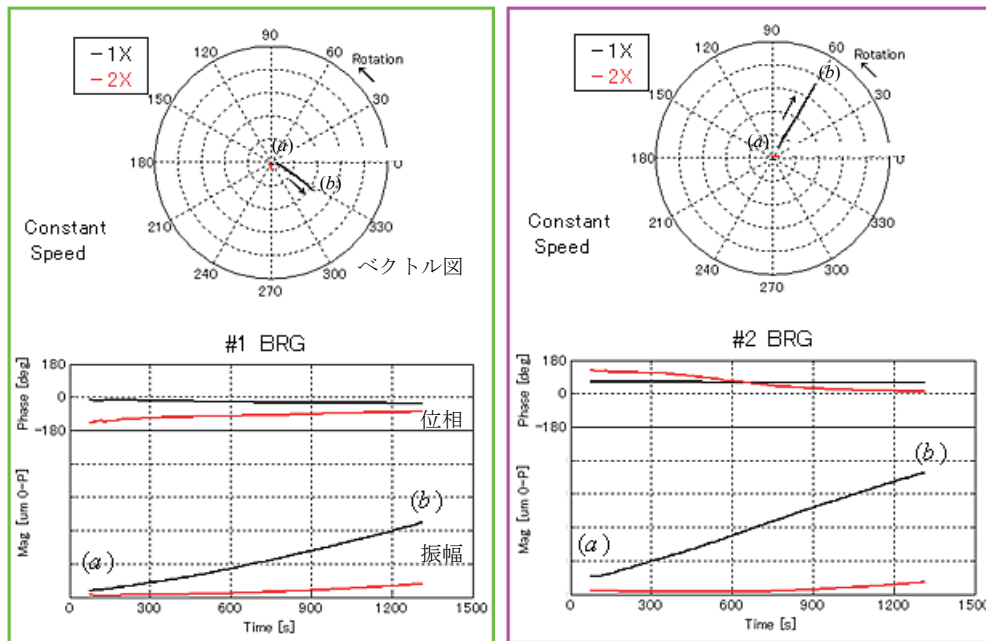


図 3.1 タイムトラッキング分析結果 (強いラッキング振動)

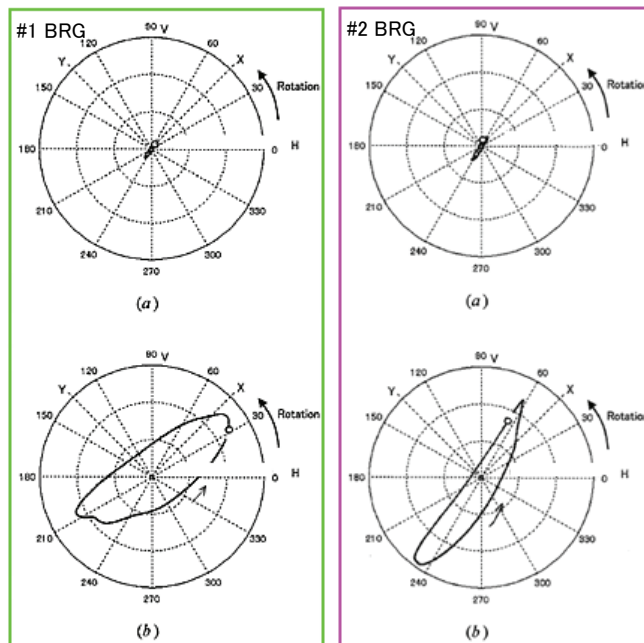


図 3.2 軸芯の振れ回り軌跡 (強いラッキング振動)

弱いラビング振動では、1X 成分の振幅と位相が時間と共に変化しており（図 2.1），典型的なラビング振動の挙動を示している。振れ回り方向は前向きである（図 2.2）。

強いラビング振動では、1X 成分の位相はあまり変化していないが振幅は時間と共に単調に増大している（図 3.1）。これは、ラビングによるロータの熱曲がりがある方向に進行したためと推測される。振れ回り方向は前向きである（図 3.2）。

### 3. 振り振動

図 4 の青色の実線は、発電用レシプロエンジン昇速時において、クランク軸の両端（それぞれ Position 1, Position 2 とする）で 1 回転あたりそれぞれ 138 パルスと 405 パルスの信号を計測し、式（1），（2），および（3）から求めた振り角  $\theta$  の時刻歴波形を示したものである。ここで、添え字の 1 と 2 をクランク軸端の位置を示す番号として、 $f_1$  と  $f_2$  はパルスの周波数（パルス間周期の逆数）[Hz]， $z_1$  と  $z_2$  は歯数（1 回転あたりのパルス数）， $\theta_1$  と  $\theta_2$  は変動角[rad]である。

$$\theta_1(t) = \frac{2\pi}{z_1} \int f_1(t) dt \quad (1)$$

$$\theta_2(t) = \frac{2\pi}{z_2} \int f_2(t) dt \quad (2)$$

$$\theta(t) = \theta_2(t) - \theta_1(t) \quad (3)$$

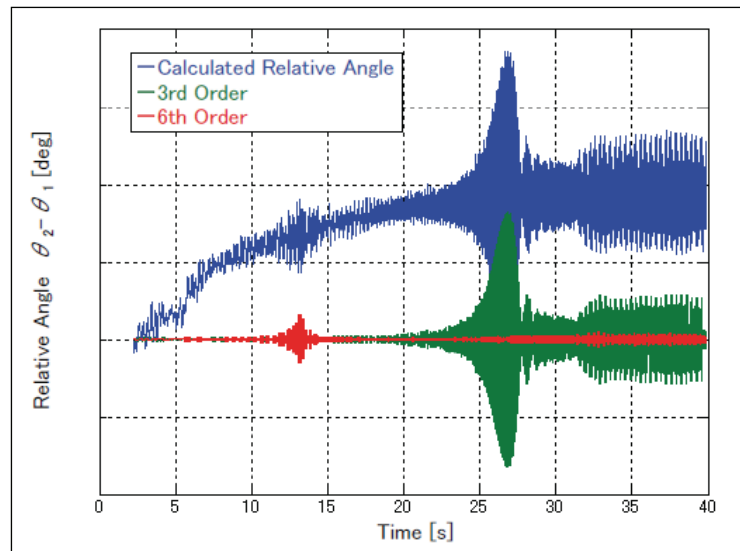


図 4 回転パルスから求めたクランク軸振り角の時刻歴波形

図 4 において、緑色の実線は 3 次成分の時刻歴波形を示し、赤色の実線は 6 次成分の時刻歴波形を示す。同図から、27 秒付近の振り角の急激な増大は 3 次成分の共振が原因であることが分かる。

図 5 は、クランク軸振り角の 3 次成分と 6 次成分に関するオーダートラッキング分析結果を示したものである。オーダートラッキング分析は、任意の次数成分の振幅と位相の情報を任意の回転数間隔で抽出する分析手法であり、回転数が変化する場合において着目した次数成分の振動が回転数によってどのように変化するかを把握したい場合に用いられる。

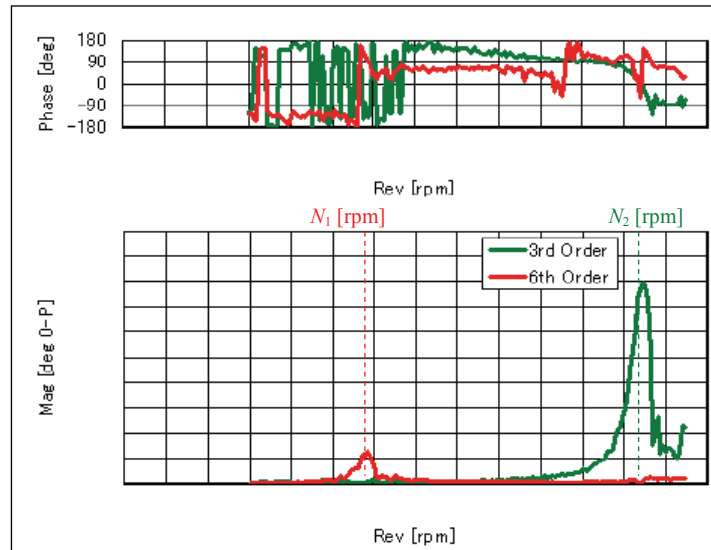


図5 クランク軸振り角のオーダートラッキング分析結果

図5から、 $N_1$  rpm と  $N_2$  rpm にそれぞれ6次成分と3次成分による振り振動の共振回転数が存在することが分かる。

#### 4. 結 言

状態監視振動診断業務の中で経験した回転機械の振動の実例として、発電用蒸気タービンにおけるラビング振動と発電用レシプロエンジンにおけるクランク軸の振り振動の分析結果を示した。また、ラビング振動と振り振動の分析方法としてそれぞれタイムトラッキング分析とオーダートラッキング分析を紹介した。さらに、振り振動については、回転パルスから振り角を求める方法について示した。