



AUX Design

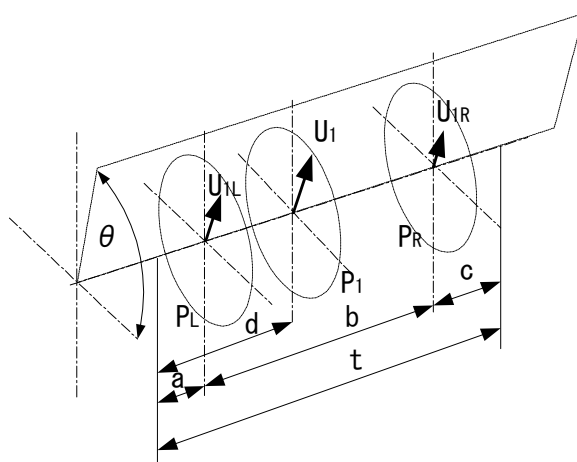
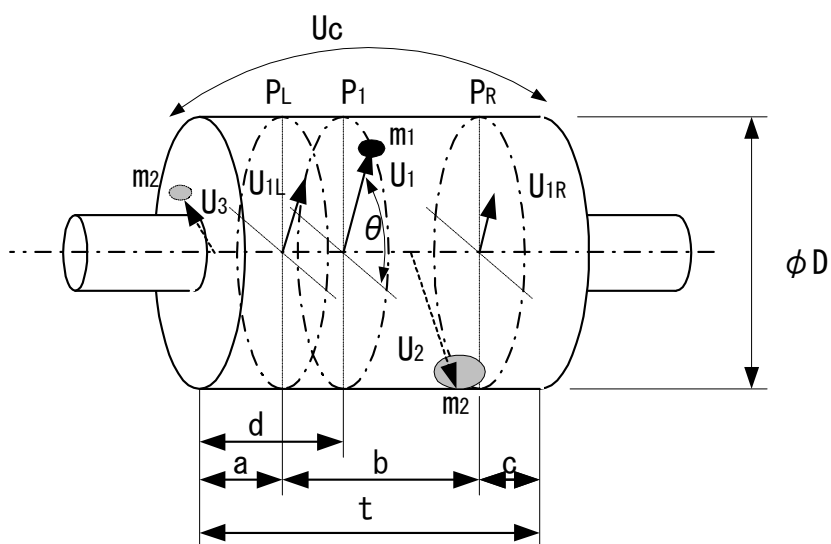
Advanced Unique X for Balance Rolling Winding Runout-Insp.

289-1 Kamishibutare Ashikaga Tochigi JAPAN

Phone & Fax: 0284-71-8955

E-mail: aux_zen@ybb.ne.jp

バランシングマシンの原理と実際



はじめに

昨今、自動車、家電、OA に限らずあらゆる分野においてユーザは低振動、低騒音の製品を当然のこととして期待しています。自動車分野では、全く新しい技術の燃料電池車が実用化され騒音源のエンジンそのものがモータに置き換えられてしまいました。バランスを考えると前者の場合、LSI のムーアの法則のように 5~7 年で従来製品の 1/2 程度のバランス低減が期待されます。これに対し 後者は従来と製品の置かれる環境が全く異なるため既存製品のバランス低減期待とは大きくかわります。実際、一般市場に投入されないと明確なことは分かりませんが、少なくともアンバランスの許容値は、一気に従来製品の 1/3 以下になるのではないのでしょうか。

さて、このように年々低減されるアンバランス許容値に伴い高性能化が期待されるべきバランシングマシンですが、開発現場、生産現場、品質現場では本当に正しく使われているのでしょうか？ ユーザは、よく「器差」と言う言葉を使い多少のバランシングマシン相互の誤差を是認しています。確かに器差は一般的にあらゆる測定器相互に生じるごく普通の誤差です。ところがバランシングマシンで使われる器差とは 20%、極端な場合は 50%,100%と常識から逸脱する場合があります、呪文のごとく万人が納得してしまう魔法の言葉です。残念ながら、これは単に使用しているバランシングマシンの性能が悪い(測定しようとしている製品に適さない機構・精度)、あるいはバランシングマシンの校正が正しく行われていないかのどちらかに起因するミスでしょう。バランスの評価についても時々妥当性がない許容値設定が行われています。たとえば、アスペクト比の小さい製品にダイナミックバランスを執拗に適用してアンバランスと騒音振動の関係を無理やり評価しているケースです。このような誤ったバランシングマシンの運用は枚挙に遑がありません。そこで本書はバランシングマシンの実用面で、その理解とその運用が適切に出来るよう具体的に課題とその解決もあわせ解説しました。

なお、本書はバランシングマシンの実用的な理解を目的としていますので数学等の厳密な定義には言及しておりません。また、本書にかかれた事はあくまでも私どもの経験に基づいたことですので一般性に欠ける点もありますのでご了承ください。



2004年9月30日

代表 善如寺 守

I. バランシングマシンの基本的な知識	4
1) ロータ	4
2) 比不釣り合い	4
3) 重力式釣り合い試験機	5
4) 遠心力釣り合い試験機(1面バランシングマシン)	6
5) 一面釣り合い試験機	7
6) 二面つりあい試験機(2面バランシングマシン)	8
7) 偶力バランスとスタティックバランス	13
8) 支持部のハード形 ソフト形	14
9) 横型釣り合い試験機	16
10) 縦型釣り合い試験機	17
11) 試し重り	17
12) 呼び到達最小不釣り合い	18
13) 呼び到達最小比不釣り合い	18
14) 到達最小不釣り合い	19
15) 到達最小比不釣り合い	20
16) 不釣り合い低減比	20
17) 釣り合いの良さ	23
18) 推奨釣り合いの良さ	25
19) ハーフキー、フルキー	26
II. バランシングマシンの構成	28
1) 手動バランシングマシン	28
2) 自動バランシングマシン	32
3) 測定回路	45
4) 測定台(測定ユニット)	57
5) 独立ペDESTALと一体式ペDESTAL	59
6) 修正装置	60
III. 実際の自動バランシングマシン	70
1) 機械構成	70
2) 電気および制御	72
3) 測定の課題	73
4) 修正の課題	75
IV. 特殊な修正装置	77
1) ウエイトの付加や除去によらないダイナミックバランス修正	77
2) 電機子巻線によるアンバランス制御	78
V. 今後の開発とその方向	79

バラシングマシン

1. バラシングマシンの基本的な知識

バラシングマシンの効果的な利用をするための基本的な用語・原理を解説します。

1) ロータ

バランスを計測しようとする対象の部品や製品、たとえばモータの電機子、タービンの羽根車、エンジンのカムシャフトやクランクシャフト、プロペラシャフトなどをロータと呼びます。また、バランス工程ではバラシングマシンの検査、点検、キャリブレーションに使う検査用の基準ロータがあります。現場ではこれらのロータをマスターロータと呼ぶことがあります。これらロータはその用途に応じてそれぞれの推奨の許容アンバランス値が ISO 規格で規定されています。

一般的にロータのアンバランスは少なければ少ない程よいとされますが、精密なバランス計測には精密なバラシングマシンと精密なロータの仕様が要求され、たとえば、ジャーナル部の真円度、表面荒さ、回転軸端面の形状、表面粗さなどの高精度の加工が必要になります。したがって、精密なバランス計測のためにはそれなりのコスト負担が生じます。また、精密なバランスがとれたとしても製品自体の経時変化により構成部品の形状が変化し当初のアンバランス値と変わってしまうこともあります。とくに樹脂製品などは十分なアニーリングがされていないと輸送中の環境など影響を大きく受けます。一般にアンバランスの許容値は製品の軸受寿命などの設計的な要件と静粛性など振動、騒音の感覚的な尺度の要件の 2 つを満足させねばなりません。したがって、このアンバランスの許容値はそれぞれの経験と実際も含め多面的に検討し決定することになります。そこでもっとも重要なことはバランスの評価が妥当である手段でなされることです。

2) 比不釣り合い

アンバランス量は、アンバランスを発生させる重りの量 m とそのおもりまでの回転中心からの距離 e の積で表されます。従ってその単位は重さと距離の積ですから $[g \cdot cm]$ や $[g \cdot mm]$ となります。

図 1-1 において、 m はアンバランスの質量、 e は回転中心から m までの距離、 M はロータの質量とします。

このときアンバランス U は

$$U = m \times e$$

例えば、 $m = 0.2g$ 、 $e = 1.0cm$ とすれば

$$U = 0.2g \times 1.0cm$$

$$= 0.2g \cdot cm \text{ (グラムセンチ)}$$

$$= 2.0g \cdot mm \text{ (グラムミリ)}$$

となります。

注: このときアンバランスは回転数に関係ない物理量として定義されます。

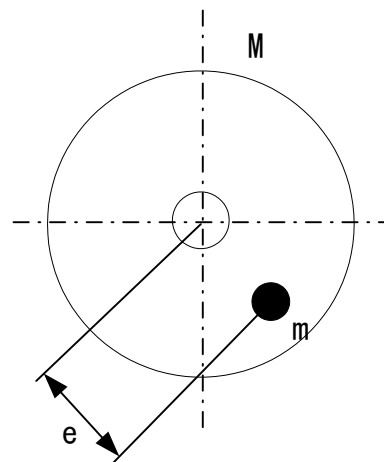


図 1-1 アンバランスの定義

4) 遠心力釣り合い試験機(1面バランシングマシン)

ロータを回転させこのとき発生する遠心力や振動を計測しアンバランスを求める装置で、一般的にバランシングマシンといった場合はこの種を指します。

アンバランスにより発生する振動、すなわちロータの回転数がロータを支える架台の共振周波数より高いか、低いかで測定する物理量が替わります。前者は共振周波数よりよりロータの回転数が高いのでロータは支持台に拘束されずロータの重心位置を回転軸にして回転します。したがって、軸受け部は、ロータの軸受け中心からのアンバランス質量の距離を振幅として振動します。アンバランスの計測はこの変位をはかります。後者は共振周波数より低いロータの回転で測定します。従って架台はロータの振動を拘束しますから、ジャーナル部には遠心力が働きバランスはこの力を計測することになります。

以上のことをまとめると遠心力バランシングマシンはロータを回転させこのときの変位、または力を計測しアンバランス量を知る装置です。

5) 一面釣り合い試験機

遠心力釣り合い試験機の一つで。ロータのアンバランスを回転軸に直角に定められた任意の一つの面でアンバランスの大きさ、位置の計測をする装置です。たとえばフライホイールなど 直径に対する厚さの比が小さいロータなどは回転軸にたいするモーメントは著しく回転を阻害しないと考えられますからこのバランシングマシンの適用範囲となります。

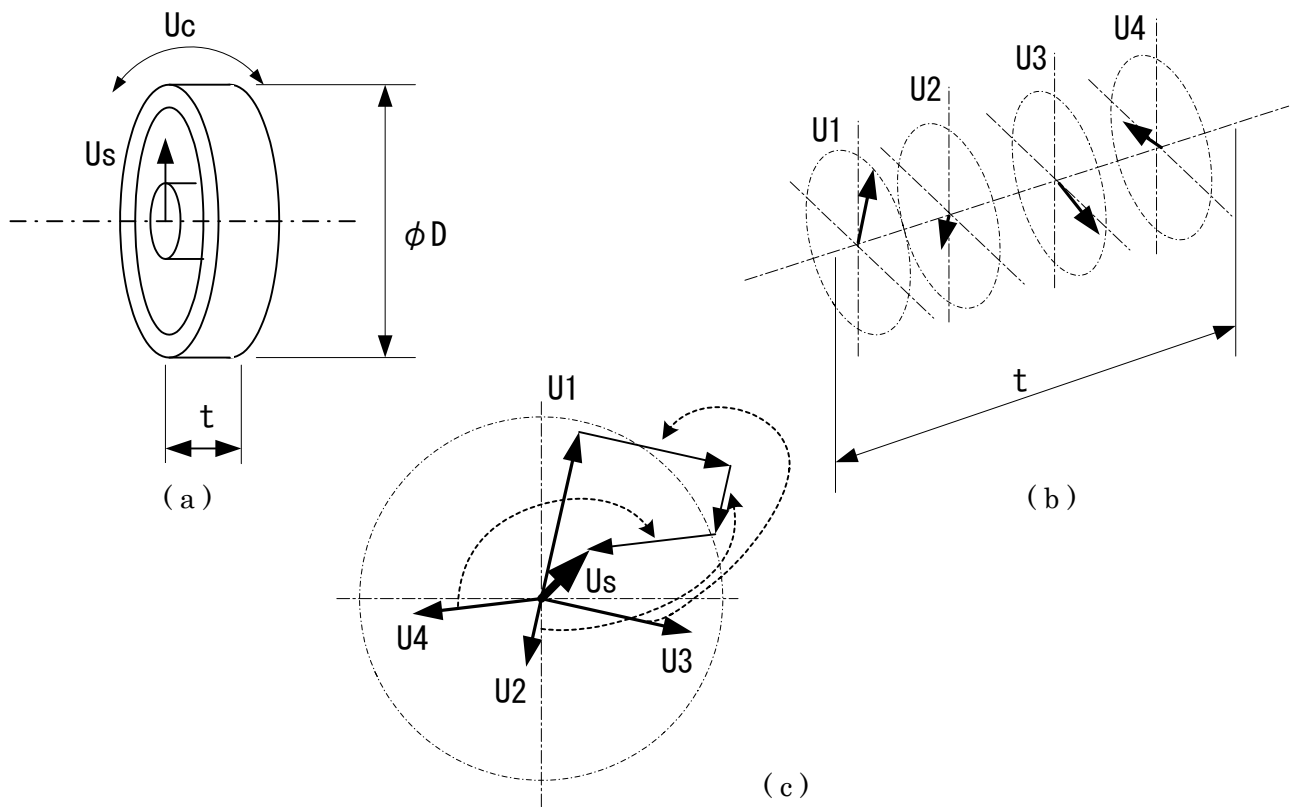


図 1 - 3 一面バランシングマシン

らおよそ 33msec となり、 $t=T$ のとき $\omega t=2\pi$ (360 度) となり一回転することになります。この回転ベクトルを y 軸投影し x 軸を回転角(時間)で表せば波状の波形が描けます。

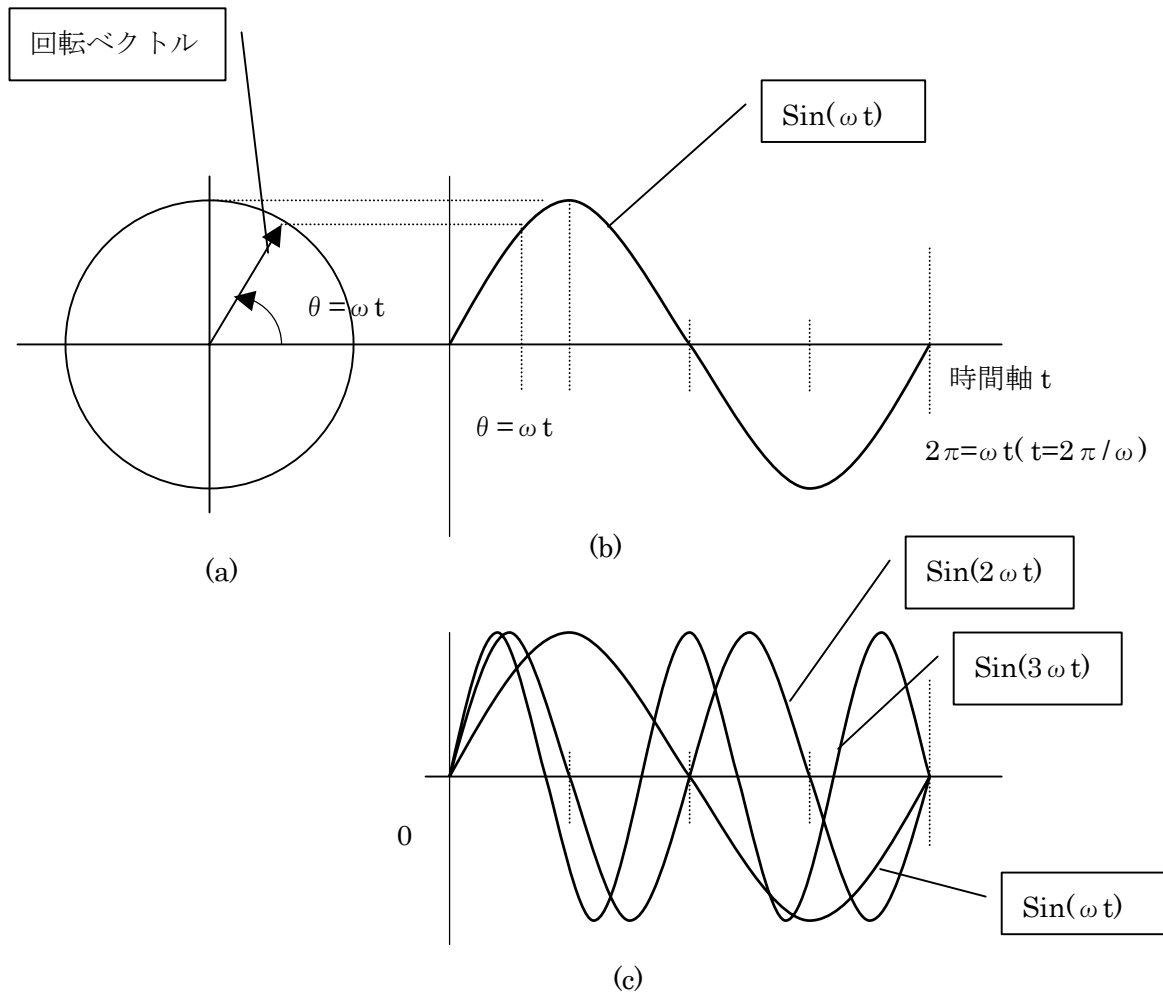


図 II - 9 回転ベクトルと Sin 波の関係

この波形はサイン波といい $\sin(\omega t)$ とかきます。ここで回転数が 2 倍、3 倍なったときを考えます。図 (a) で回転ベクトルの回転速さは ωt で表されますからこの ω を 2 倍、3 倍すると同じ時間 t での回転角 $\theta = 2\omega t, 3\omega t$ となりこれを y 軸に投影すると図 (c) となります。ここで $\sin(2\omega t), \sin(3\omega t)$ が最初の $\sin(\omega t)$ の二倍、三倍の振動を表しています。したがって、基本の振動を $\sin(\omega t)$ したとき、この m, n 倍の振動数の波形は $\sin(m\omega t), \sin(n\omega t)$ と表されます。

それではここで直交関数の説明に入ります。まず基本の関数を $\sin(\omega t)$ とします。この関数の周期 T は次の式で表されます。

$$T = 1/f = 2\pi / \omega \quad [\text{sec}]$$

次にこの関数の周波数の m, n 倍の関数 $\sin(m\omega t)$ と $\sin(n\omega t)$ を考えます。まず、周期 T に比べて十分小さい時間 Δt 毎の、 $\sin(m\omega t)$ と $\sin(n\omega t)$ の値を掛け算します。次にこの掛け算の結果を周期 T にわ