

たのしい

2018.5.10

サイエンス通信 (2)

もののサイズはどう決める？

「たのしいサイエンス通信」も早いもので2年目を迎えました。最近「たのしい数学通信 (サイエンス通信含む)」のバックナンバーが欲しいなどの問い合わせが多数来るようになり、着実に読者数が増えているのが実感しております。

それゆえに、読者のみなさまの期待に応えるべく内容の精選(過去の内容と重複していないかとか、高等学校までの範囲で理解できる内容かなど)で、ネタ切れ感が否めなく大変申し訳なく思っております。とは言いながら今年もよろしく願いいたします！

さて、今回は家電や機械等の工業製品のサイズや性能はどのようにして決められているのか？を考えたいと思います。工業製品は規格(一定の約束事)に従って設計・製作が行われます。そのときに用いられる数値をJIS(日本工業規格)では「標準数」(Preferred number : 優先される数字)といいます。

この「標準数」とはどんな数値なのかというと、「公比が1.0の累乗根の等比数列」の各項の値を実用上便利に整理した(端数を丸めた)数値のことです。

機械系(寸法や動力性能など)では、公比を $\sqrt[5]{10}$, $\sqrt[10]{10}$, $\sqrt[20]{10}$, $\sqrt[40]{10}$, $\sqrt[80]{10}$ とした数列を用いて、それぞれR5, R10, R20, R40, R80(R系列)と呼び、JIS Z8601:1954 で定義されています。(表1)

また、電気系(抵抗やコンデンサ等の受動素子の値)では公比を $\sqrt[3]{10}$, $\sqrt[6]{10}$, $\sqrt[12]{10}$, $\sqrt[24]{10}$ とした数列を用いて、それぞれE3, E6, E12, E24(E系列)と呼び、JIS C5063:1997 で定義されています。(表2)

ここで、実際に関数電卓で計算して、R5系列(公比 $\sqrt[5]{10}$)の値を確かめると…

$$\sqrt[5]{10} = 1.584 \dots \rightarrow 1.60 \quad , \quad (\sqrt[5]{10})^2 = 2.511 \dots \rightarrow 2.50 \quad ,$$

$$(\sqrt[5]{10})^3 = 3.981 \dots \rightarrow 4.00 \quad , \quad (\sqrt[5]{10})^4 = 6.309 \dots \rightarrow 6.30$$

表1 : 標準数 R系列 (JIS Z8601:1954)

	$\sqrt[5]{10}$	$\sqrt[10]{10}$	$\sqrt[20]{10}$	$\sqrt[40]{10}$	$\sqrt[80]{10}$			
	R5	R10	R20	R40	R80			
1.00	1.00	1.00	1.00	1.06	1.00	1.03	1.06	1.09
		1.12	1.12	1.18	1.12	1.15	1.18	1.22
	1.25	1.25	1.32	1.25	1.28	1.32	1.36	
1.60	1.60	1.40	1.40	1.50	1.40	1.45	1.50	1.55
		1.60	1.60	1.70	1.60	1.65	1.70	1.75
	1.80	1.80	1.90	1.80	1.85	1.90	1.95	
2.50	2.00	2.00	2.00	2.12	2.00	2.06	2.12	2.18
		2.24	2.24	2.36	2.24	2.30	2.36	2.43
	2.50	2.50	2.65	2.50	2.58	2.65	2.72	
4.00	3.15	2.80	2.80	3.00	2.80	2.90	3.00	3.07
		3.15	3.15	3.35	3.15	3.25	3.35	3.45
	3.55	3.55	3.75	3.55	3.65	3.75	3.87	
6.30	4.00	4.00	4.00	4.25	4.00	4.12	4.25	4.37
		4.50	4.50	4.75	4.50	4.62	4.75	4.87
	5.00	5.00	5.30	5.00	5.15	5.30	5.45	
8.00	5.60	5.60	5.60	6.00	5.60	5.80	6.00	6.15
		6.30	6.30	6.70	6.30	6.50	6.70	6.90
	7.10	7.10	7.50	7.10	7.30	7.50	7.75	
9.00	8.00	8.00	8.50	8.00	8.25	8.50	8.75	
	9.00	9.00	9.50	9.00	9.25	9.50	9.75	
R5	R10	R20	R40	R80				

表2 : 標準数 E系列 (JIS C5063:1997)

	$\sqrt[3]{10}$	$\sqrt[6]{10}$	$\sqrt[12]{10}$	$\sqrt[24]{10}$
	E3	E6	E12	E24
	許容差±40%	許容差±20%	許容差±10%	許容差±5%
1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
			1.10	1.10
	1.50	1.50	1.20	1.20
			1.30	1.30
2.20	2.20	2.20	1.50	1.60
			1.80	1.80
	3.30	3.30	2.00	2.00
			2.20	2.40
4.70	4.70	4.70	2.70	2.70
			3.00	3.00
	6.80	6.80	3.30	3.30
			3.60	3.60
E3	E6	E12	3.90	3.90
			4.30	4.30
	E24	E24	4.70	4.70
			5.10	5.10
E3	E6	E12	5.60	5.60
			6.20	6.20
	E24	E24	6.80	6.80
			7.50	7.50
E3	E6	E12	8.20	8.20
			9.10	9.10
	E24	E24	8.20	8.20
			9.10	9.10

計算結果の小数第3位を四捨五入した値とR5の数値と微妙にズレていますが、公比を1.6倍に設定すれば黄金比($\frac{1+\sqrt{5}}{2} \approx 1.61$)に近く、バランスのとれたデザイン(設計)が実現できるのです。

では、設計の一例を考えてみます。

例：動力伝達用の軸(シャフト)の直径を求めた計算結果が $d=14.8\text{mm}$ となった。

⇒この場合、 d の値を $1 \leq d < 10$ の範囲に収まるように桁をずらして、R5系列から最も近い1.60を選び、軸の直径を $d=16\text{mm}$ となるように選定します。

(できるだけ、R5, R10, R20, R40の優先順位で考えるようにします)

また、電子工作に興味のある人なら知っているかと思いますが、抵抗の値が470Ωのようなキリの悪い数字を見たことがあるかもしれません。たとえばE系列にない200Ωの抵抗値が必要な場合は、E系列の100Ωを2つ直列に接続すれば済みます。50ΩはE系列の100Ωを2つ並列に接続すれば済みます。任意の抵抗値が必要な場合、E系列で調べて直列・並列を巧みに接続して作ればいいのです。(隆)